Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. H. Schweitzer

Änderung der Blutalkohol - Konzentration in geschlossenen Venülen in Abhängigkeit von der äußeren Temperatur, der Erwärmungsdauer und der Alkohol - Ausgangskonzentration.

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Medizin der Medizinischen Fakultät der
Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Christian Wittig
1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543926_0057

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. H. Schweitzer

Änderung der Blutalkohol-Konzentration in geschlossenen Venülen in Abhängigkeit von der äußeren Temperatur, der Erwärmungsdauer und der Alkohol-Ausgangskonzentration.

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von
Christian Wittig
1983

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez.: Prof.Dr.med.Brüster

Referent
gez.: Prof.Dr.med.Schweitzer
Korreferent
gez.: Prof. Dr. med. Brüster

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. med. Heinz Schweitzer

Herrn Prof. Dr. med. Schweitzer danke ich herzlich für die Vergabe des Themas und seine Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. med. Brüster gilt mein Dank für die Überlassung von Blutkonserven.

Herrn Dr. Michalke bin ich sehr verbunden für seine Hilfe bei der Betreuung der Arbeit.

Meinen Dank auch
Frau Dammin,
Frau Güldenpfennig
und Frau Kupper
für die Hilfe bei Laborarbeiten.

Änderung der Blutalkohol-Konzentration in geschlossenen Venülen in Abhängigkeit von der äußeren Temperatur, der Erwärmungsdauer und der Alkohol-Ausgangskonzentration.

GEWIDMET MEINEN ELTERN

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Einleitung und Problemstellung	1
•	Material/Methode	4
	Messung der Alkoholkonzentrationsveränderungen nach Erhitzen der Blutproben	5
	Messung der Veränderung von Wassergehalten nach Erhitzen der Blutproben	7
	Bedeutung der Hämoglobinveränderungen nach Erhitzen der Blutproben	7
I.	Ergebnisse	9
	Tabellen	
	Thermische Expositionsdauer der Blutproben: 1 Min., 1,5 Min., 15 Min., 30 Min., 60 Min., 120 Min.	12
	Tabellen	
	Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo bzw. % nach Erhitzung der Proben	19
	Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in %	26
	Grafiken	
	zur Darstellung der absoluten und relativen Abweichung der Alkoholgehalte und Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit von der Erwärmungszeit bei verschiedenen Alkoholkonzentrationen und verschiedenen Wasserbadtemperaturen	34

Seite

Darstellung der absoluten und relativen Abweichungen der Alkoholgehalte und Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit von der Wasserbadtemperatur bei verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen und verschiedener Expositionsdauer 46

IV. Diskussion 54

Viskosität 56

Oberflächenspannung 58

Alkohol- und Wasserbilanz nach Erwärmen der Proben auf 40 °C 58

Alkohol- und Wasserbilanz nach Erhitzen der Proben auf 50 °C 60

Alkohol- und Wasserbilanz nach Erhitzen der Proben auf 60 °C 63

Erhitzen der Blutproben auf die angegebenen Temperaturen während 1 Min./1,5 Min. 68

Erhitzungsdauer 1 Min. 69

Erhitzungsdauer 1,5 Min. 69

V. Mathematische Beurteilung 70

VI. Zusammenfassung 71

VII. Literaturverzeichnis 73

VIII. Lebenslauf 77

Einleitung und Problemstellung

Für die forensische Blutalkoholbestimmung ist die möglichst große Übereinstimmung zwischen dem "wahren" Blutalkoholgehalt des Probanden und dem festgestellten Meßwert von zentraler Bedeutung. Hierzu ist die lückenlose Aufklärung aller die Meßkonzentration bestimmenden Einflußgrößen von der Blutentnahme bis zur Bestimmung bedeutsam. In der Vergangenheit sind hierzu zahlreiche Untersuchungen gemacht worden. Im einzelnen:

- Veränderungen durch die Blutabnahmetechnik
- Veränderungen durch mikrobielle Tätigkeit
  (GEHM/SCHMID 1961/1962; SCHWERD/DIMMLING/KREBS 1967 und SCHWERD/DIMMLING/KRANEBURG 1972)
- Veränderungen des Wassergehaltes bei Krankheit und in der Schwangerschaft
  (HINCKERS 1971)
- Veränderungen des Serum-Wassergehaltes durch längere Lagerung
  (STEIGLEDER 1961; KRAULAND/VIDIC/FREUDENBERG 1961; KLUG/KRAULAND/VIDIC 1970; IFFLAND 1974)
- Unregelmäßigkeiten durch unterschiedliche Venülenfüllung
  (MITTMEYER 1972; WELLER/KLÖPPEL 1976)
- Veränderungen durch die Lagerungstemperatur
  (MITTMEYER 1972; SCHWERD/HILLERMEIER 1979)
- Veränderungen durch Katalase-Wirkung
  (SCHWERD/HILLERMEIER 1979)
- Veränderungen durch Alkohol-Absorption am Verschlußmaterial
  (IFFLAND 1974)
- Einfluß der Auffanggefäße
  (Lucker 1970)
- Möglichkeiten der Automation
  (HAUCK/TERFLOTH 1970)
- Ungenauigkeit durch unexakte Probenmessung
  (MACHATA 1970)

Trotz der Vielfalt der untersuchten Kriterien ist das gemeinsame Merkmal aller Untersuchungen, daß sie unter äußeren sogenannten Normalbedingungen gemacht worden sind. Im Regelfall ergeben sich auch keine weitergehenden Fragestellungen.
Im besonderen Einzelfall können jedoch durch Unachtsamkeit, durch Fahrlässigkeit oder Vorsatz im Umgang mit dem Untersuchungsmaterial Rahmenbedingungen auftreten, unter denen das genaue Verhalten des Untersuchungsgutes unbekannt ist und erst genauer untersucht werden muß. Die bisherige Literatur nennt dafür vereinzelte Beispiele. So wurde 1976 aus dem Bezirk Rostock die Mitteilung gemacht, daß etwa 0,4 % aller eingesandten Venülen zerbrochen zur Untersuchung kamen (THIESS/KADING 1976, sowie GILDEMEISTER/KÖHN/JANZEN 1976). Hier ergab sich die Fragestellung der Rückrechnung aus dem noch vorhandenen Restblut. Ein anderes Beispiel ist die Verunreinigung der Blutprobe durch Vergaserkraftstoff, der nach Zerbrechen der Original-Venüle auf der Fahrbahndecke mit dem Umfüllen in die Ersatz-Venüle gelangte (BOHN 1971).
Neben diesen Einzelfällen wiesen WEILER/KLÖPPEL 1976 auf einen weiteren klärungsbedürftigen Punkt hin, der aus dem Bereich der sogenannten Normalbedingungen heraustritt: "Das größte Augenmerk ist dem Durchmesser des Aufbewahrungsgefäßes und der Lagerungstemperatur, z.B. erhöhter Verlust bei Sonneneinwirkung zu schenken." Die Sonneneinwirkung kann durch Strahlenresorption zu einer überstarken Erwärmung der Probe führen. Eine Erwärmung der Probe ist jedoch nicht nur bei der Lagerung, sondern schon beim Transport möglich. Allgemein bekannt ist die im Sommer starke Erwärmung des Innenraumes von Kraftfahrzeugen, die - auch nur kurzzeitig - direkter Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind. Je nach Zeitdauer der Exposition, Farbe des Fahrzeuges und Lagerungsort können die Venülen thermischen Extrembedingungen unterschiedlicher Größenordnung ausgesetzt sein. Schon 1979 weisen SCHWERD/HILLERMEIER darauf hin:" Bei

höheren Temperaturen, wie beispielsweise beim Transport unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. bei Proben, die nahe der Heizung im Postwagen des Zuges liegen oder die in den Sommermonaten einer Erwärmung durch längere Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind) muß mit stärkeren Differenzen sowohl in negativer, als auch in positiver Hinsicht (-0,08 bis +0,07 o/oo) gerechnet werden."
Über die bei diesen Extrembedingungen auftretenden Veränderungen liegen bis auf die Arbeit von BROWN/NEYLAN/REYNOLDS/SMALLDON (1973) keine systematischen Untersuchungen vor.
Die Ergebnisse der angesprochenen Arbeit sind für die oben angeführte Problematik aufgrund ihrer Akzentuierung allerdings auf die deutsche forensische Praxis schlecht übertragbar.
Im Gegensatz zu den in Deutschland üblichen Venülen Nr. 0 mit 8 ml Inhalt und selbstschließendem Gummistopfenverschluß wurden sogenannte RSA-Behälter mit Kunststoffkappenabdichtung und unterschiedlichem Volumen verwendet.

Des weiteren wurde lediglich das Verhalten bei 2 verschiedenen Alkoholkonzentrationen untersucht. Das benutzte Temperaturraster mit 22^{o}, 37^{o} und 62^{o} ist für eine genaue Rückrechnung in dem zwischen diesen Temperaturen liegenden Bereich noch aufzuklären.
Zur Begründung der auch bei hohen Temperaturen aufgetretenen Alkoholverluste wurden Alkoholoxydation, mikrobiologische Tätigkeit und Verschlußdiffusionsverluste angesprochen. Ein mögliches Mitspielen anderer Effekte blieb unberücksichtigt und ungeklärt.
Dabei interessieren in diesem Zusammenhang besonders folgende Fragen:

- In welcher Größenordnung treten unter unterschiedlichen thermischen und zeitlichen Bedingungen bei verschiedenen Konzentrationen Veränderungen im Alkoholgehalt und im Wassergehalt auf ?

- Sind bei Vorgabe von Wassergehalt und Alkoholkonzentration mit und ohne Kenntnis der äußeren Bedingungen Rückschlüsse auf die ursprüngliche Alkoholkonzentration möglich ?

Diese Fragen sollen in der vorliegenden Untersuchung einer Klärung näher gebracht werden.

Material / Methode

Es wurden Alkohol- und Wasserbestimmungen an insgesamt 980 Proben gemacht. Untersucht wurde bei Temperaturen von 40°, 50°, 60°, 70° und 80° über jeweils einen Zeitraum von 1 Minute, 1,5 Minuten, 15 Minuten, 30 Minuten, 60 Minuten und 120 Minuten. Für den jeweiligen Zeitraum und die jeweilige Temperatur wurde eine Gruppe von Einzelproben untersucht, deren Einzelergebnisse später gemittelt wurden. Dabei entfielen auf die Zeiträume zwischen 15 und 120 Minuten durchschnittlich 12 Proben pro Mittelwert, auf die Zeiträume zwischen 1 und 1,5 Minuten durchschnittlich 8 Proben pro Mittelwert.
Der Alkoholgehalt wurde gaschromatographisch mit einer Feststoff-Säule Typ Carbowax in einem Head-space-Gaschromatographen F 40 Multifract der Firma Perkin Elmer durch Einfachmessung bestimmt. Die Wasserbad-Temperatur betrug 61,5° mit einer Toleranz von 0,5°.
Für die Untersuchung wurden die für forensische Alkoholbestimmungen üblichen Venülen Nr. 0 der Firma Behring-Werke Marburg verwendet.
Zur Untersuchung kamen ACD-versetzte Vollblut-Konserven mit einem Alter zwischen 0 und 7 Tagen. Auf möglichen Eigenalkoholgehalt der Konserve wurde zuvor stichprobenweise geprüft.

Zur Einstellung auf die gewünschte Alkohol-Konzentration wurde unter sterilen Bedingungen 40 o/oo Ethanol enthaltende 0,9 %ige (isotone) Kochsalzlösung zugesetzt.
Das zum Erhitzen benutzte Wasserbad enthielt aus Gründen der Temperaturkonstanz 4 l Wasser und ließ sich mit einer Temperaturgenauigkeit von 1^{o} Differenz einstellen.

Messung der Alkohol-Konzentrationsveränderungen nach Erhitzen der Blutproben

Das ACD-Blut wurde in maschinell gereinigten, zweimal mit 0,9 % Kochsalz-Lösung gespülten Standzylindern abgemessen und anschließend in handelsübliche 500 ml-fassende Infusionsflaschen gefüllt, die mit dem Original-Gummistopfen wieder verschlossen wurden. Darauf wurde zur Einstellung auf die gewünschte Alkoholkonzentration die entsprechende Menge steriler alkoholisierter Kochsalz-Lösung mit Hilfe einer Injektionsnadel durch den Gummistopfen hindurch zugesetzt. Die jeweils benötigte Anzahl an Venülen wurde mittels Punktion des Gummiverschlusses aus der Infusionsflasche abgefüllt. Zur Gewährleistung der einheitlichen Füllmenge von 8 ml wurde der sich während der Punktion in der Flasche aufbauende Unterdruck von max. 140 Torr anfangs nach Füllung jeder zweiten, später nach Füllung jeder vierten Venüle durch eine Injektionsnadel ausgeglichen. Es gelangten somit zwischen der Füllung der ersten und der letzten Venüle zusätzlich max. 470 ml Luft in die Flasche, die sich mit Alkohol sättigen konnte. Der daraus resultierende a priori-Konzentrationsunterschied zwischen der ersten und der letzten abgefüllten Venüle zeigte sich jedoch als vernachlässigbar gering, d.h. er blieb unter der von SCHMIDT (1982) genau untersuchten Meßgenauigkeit der Methode; er wurde trotzdem zusätzlich durch willkürliche Zusammenstellung der Kontroll- und Probengruppen statistisch gestreut.

Die gefüllten Venülen wurden nun im Wasserbad mit unterschiedlichen Temperaturen unterschiedlich lange erhitzt. Die dabei zwischen dem Venüleninnern und dem Wasser auftretenden Temperaturdifferenz-/Zeit-Funktionen wurden gesondert untersucht (Abb.13). Nach dem Erhitzen wurden die Proben sowie die Kontrollgruppen zum Temperaturausgleich 20 Minuten lang in ein Wasserbad von Raumtemperatur gestellt. Nach dem Zentrifugieren bei einheitlich 3900 r/min - entsprechend 5100 g - wurden bei Kontroll- und Probengruppen dem Serumüberstand 500 µ mittels Eppendorf-Pipette entnommen und in vorbereitete HS-GC-Gläschen von 7,5 cm Höhe und 2 cm Durchmesser abgefüllt.
Dieser Vorgang, bei dem ungehindert Alkohol aus der Probenflüssigkeit abdampfen konnte, beanspruchte 20 bis 30 sec. Dieser Zeitraum kann sicher als quantité négligeable bezeichnet werden. WEILER/KLÖPPEL (1976) geben für bei Zimmertemperatur gelagerte Venülen einen Tagesverlust von etwa 10 % an. Eigene Untersuchungen zeigen konzentrationsunabhängig bis zu einer Lagerungsdauer von 15 Minuten keinen meßbaren Verlust an.
Nach eigenen Untersuchungen konnte dabei keine meßbare Menge an Alkohol oder Wasser entweichen.
Eine genauere Untersuchung hat außerdem gezeigt, daß sich Schwankungen der in der Pipettenspitze verbliebenen Flüssigkeitsreste nach Leeren der Eppendorf-Pipette dadurch kompensieren lassen, daß man die Spitzen in gefülltem Zustand mit einem Labor-Kleenex-Tuch bis 1 mm vor die Austrittsöffnung reinigt und nach dem Entleeren in das GC-Gläschen mit hineinschneidet. Dadurch steigt zwar das Füllvolumen absolut um ca. 2 %, jedoch reduzieren sich die Füllmengenschwankungen von 0,79 % auf 0,60 %. Dieses Vorgehen ist von besonderer Bedeutung bei Serum-Hämolysat-Gemischen erhöhter Viskosität, wie sie bei Erhitzen auf hohe Temperaturen bzw. mittlere Temperaturen mit langen Zeitverläufen auftreten.

Anschließend wurden die GC-Gläschen ordnungsgemäß verschlossen und bis zur Untersuchung im Gaschromatographen max. zwei Tage

bei -2° gelagert.

Messung der Veränderung von Wassergehalten nach Erhitzen der Blutproben.

Gemäß dem durch BRETTEL (1972) genau untersuchten Bestimmungsverfahren wurde aus dem Serum-Überstand der Kontroll- und der Versuchsprobengruppen eine Wasserbestimmung vorgenommen. Als gut praktikabel hat sich dabei folgendes Vorgehen erwiesen:

Weyrichglaszylinder (Höhe 3,5 cm Durchmesser 1 cm) werden mit einem Labor-Kleenex-Tuch von Adhäsionsverunreinigungen befreit und ihr Leergewicht bestimmt.
Nach der Reinigung hat es sich als wichtig erwiesen, die Glaszylinder nur noch mittels Pinzette zu berühren.
Von der zu untersuchenden Flüssigkeit werden 90 - 150 mg eingefüllt und das Gewicht erneut festgestellt. Nun wird der Glaszylinder für 2 Stunden bei 60°, für 2 Stunden bei 80° und für 24 Stunden bei 105° im Trockenschrank erwärmt. Anschließend erfolgt die Abkühlung in einem mit Silicalgel gefüllten Glasexsikkator. Danach erfolgt eine erneute Gewichtsbestimmung. Aus den Gewichtsdifferenzen läßt sich nun auf den Wassergehalt rückschließen. Eine Zersetzung des Materials ist erst oberhalb von 110° Erhitzungstemperatur zu befürchten. Die benutzten Zeiten sind ausreichend für eine vollständige Austrocknung.
Zur Beschriftung wurden Faserstifte verwendet, deren leichtflüchtige Farbbestandteile durch Erhitzen für 10 Minuten bei 100° vor der ersten Wägung entfernt wurden.

Bedeutung der Hämoglobinveränderungen nach Erhitzen der Blutproben.

Nach BRETTEL/SCHRAMM (1978) läßt sich bei Kenntnis der Serumhämoglobinkonzentration in einer hämolysierten Blutprobe mit

Hilfe folgender Gleichung die Änderungsrate des Serumwassergehaltes gegenüber dem Entnahmezeitpunkt ermitteln:

$$SAKo = \frac{SWo \times SAKi}{SWi}$$

Darin bedeuten:

SAKo die Serumalkoholkonzentration bei der Entnahme
SAKi die Serumalkoholkonzentration zum Nachuntersuchungszeitpunkt ti
SWo der Serumwassergehalt bei der Entnahme
SWi der Serumwassergehalt bei der Nachuntersuchung

Im Gegensatz zur Zweckbestimmung dieses Parameters, bei Fehlen des Frischproben-Wassergehaltes diesen nachträglich zu eruieren, bestand bei den vorliegenden experimentellen Untersuchungen für eine solche zusätzliche Hämoglobin-Untersuchung keine Notwendigkeit, da die Wasserkonzentration jeweils vor und nach Behandlung bestimmt wurde.
Dennoch schien die Kenntnis des Hämoglobingehaltes zur Stützung des jeweiligen Wasserwertes von Bedeutung. Bei anfänglich durchgeführten entsprechenden Bestimmungen stieß man aber auf methodische Schwierigkeiten. Bei sehr geringen Hämoglobingehalten ist eine genaue Bestimmung mit dem schon von BRETTEL/SCHRAMM (1978) benutzten Reagenzien-Set MERCKOTEST^{R}-Hämoglobin möglich. In diesem Falle wird nämlich der zu untersuchende Konzentrationsbereich durch den für die Methodik vorgesehenen Meßbereich abgedeckt und es herrscht Linearität zwischen Hämoglobinkonzentration und Extinktion.
Die extrem hohen Hämoglobinkonzentrationen, wie sie z.B. bei 60° über 1 Stunde oder bei 70° über 1,5 Min. oder bei 80° über 1 Min. auftreten, machen jedoch eine Bestimmung nach den

vom Hersteller vorgeschriebenen Bedingungen für diese Methode undurchführbar.
Es hätte umfangreicher orientierender Versuche bedurft, um für den in Frage kommenden großen Konzentrationsbereich des freigesetzten Hämoglobins durch Verdünnungsmaßnahmen eine modifizierte, universell anwendbare Methodik zu entwickeln.
Offenkundig wird die Problematik bereits durch das Aussehen der Proben: Während nach 1-minütigem Erhitzen der Proben bei 40°C das gewonnene Serum nicht von Normalserum unterscheidbar ist, sind entsprechende Seren nach z.B. 120-minütiger Erhitzung bei 60°C tiefrot gefärbt.
Quantifizierung des Hämoglobins mit obengenannter Methode liefert für die beiden genannten Fälle ein Hämoglobinkonzentrationsverhältnis von ca. 1 : 1000. Die hierbei erzielten Meßergebnisse zeigten allerdings eine so starke Streuung, daß letztlich angesichts der hohen Genauigkeit der Wassergehaltsbestimmung auf eine Hämoglobinuntersuchung verzichtet wurde.

Ergebnisse

Nach Erhitzen der ordnungsgemäß gefüllten (8 ml) Venülen über einen Zeitraum von 1 Minute zeigten sich alle Proben - bei fünf Alkohol-Konzentrationen und Temperaturen von 40° bis 80° - als untersuchbar, d.h. es ließen sich aus jeder Venüle 500 µl für die Alkoholmessung und 100 µl für die Wasserbestimmung gewinnen. Aber bereits nach Erweiterung der Erhitzungszeit auf 1,5 Min bei 80°C waren alle Proben koaguliert. Da eine anschließende volumetrische Dosierung unmöglich war, mußte auf diese Temperaturstufe verzichtet werden.
Bei Erhitzungszeiten über 15 Minuten stellten sich dieselben Probleme schon bei 70°, so daß nunmehr nur noch Temperaturbe-

reiche zwischen 40° bis 60°C untersucht wurden. Bei der längsten untersuchten Erhitzungszeit von 120 Minuten und einer Temperatur von 60° war die Ausbeute an dosierbarem Überstand so gering, daß zur Gewinnung der jeweils nötigen Menge von 600 µl Serum zwei Proben herangezogen werden mußten. In der Praxis dürfte sich daraus die Schwierigkeit ergeben, daß für die übliche gaschromatographische Alkoholbestimmung keine ausreichende Menge Serum zur Verfügung steht.

Da bezüglich der Abhängigkeit der Alkohol- bzw. Wassergehaltsveränderungen von der eingestellten Alkohol-Anfangskonzentration nach Untersuchung der 1 Minuten- bzw. 1,5 Minuten-Werte bis auf einen Ausreißer keine Abhängigkeit festgestellt wurde, konnte diese Untersuchungsgröße in den darauf folgenden Untersuchungen von fünf auf drei Konzentrationen reduziert werden.

Als Vergleichs-Standard für die gaschromatographische Alkoholbestimmung der Proben dienten in Ampullen erhältliche Alkohol-Standardlösungen der Konzentration 2 o/oo von der Firma Merck - Darmstadt.

In den folgenden Tabellen 1) bis 6) sind unter der Rubrik der jeweiligen Erhitzungsdauer Versuchsparameter und Meßergebnisse dargestellt:

Spalte 1: Annähernder Wert der eingestellten Alkohol-Konzentration im Blut

Spalte 2: Wasserbad-Temperatur, bei der das Probenkollektiv während der angegebenen Zeitdauer erwärmt wurde.

Spalte 3: Genaue Konzentrationen der Alkohol-Kontrollgruppen, die als Mittelwerte aus 8-12 Einzelwerten vor der Temperaturbelastung der Proben gewonnen wurden. Der Wert hinter dem Schrägstrich gibt die Standardabweichung der Meßwerte wieder.

Spalte 4: Alkoholkonzentrationen im Serum nach thermischer Belastung, als arithmetische Mittelwerte aus 8-12 Einzelwerten.
Hinter dem Schrägstrich die Standardabweichung.

Spalte 5: Wasserwerte der Proben vor thermischer Belastung (=Kontrollwerte), Mittelwerte aus 8-12 Einzelwerten. Hinter dem Schrägstrich die Standardabweichung.

Spalte 6: Wasserwerte der Proben nach thermischer Belastung (=Versuchswerte), Mittelwerte aus 8-12 Einzelwerten. Hinter dem Schrägstrich die Standardabweichung.

Tab. 1) Thermische Expositionsdauer der Blutproben: 1 Min.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	Äußere Temp.	Alkohol-Anfangs-konzentr. in o/oo/ Standard-abweichung	Alkohol-konzentr. nach Erwär-men in o/oo/ Standardab-weichung	Wasserwert in % vor Erwärmen/ Standard-abweichung	Wasserwert in % nach Erwärmen/ Standardab-weichung
0,3	40°	0,311/0,004	0,314/0,005	94,19/0,38	94,58/0,18
	50°	0,311/0,004	0,318/0,005	94,19/0,38	94,32/0,15
	60°	0,311/0,004	0,308/0,005	94,19/0,38	94,00/0,21
	70°	0,311/0,004	0,304/0,005	94,19/0,38	92,57/0,16
	80°	0,300/0,000	0,280/0,000	89,07/0,50	85,86/0,77
0,6	40°	0,590/0,000	0,585/0,005	93,96/1,05	94,75/1,16
	50°	0,590/0,000	0,584/0,014	93,96/1,05	94,22/0,08
	60°	0,590/0,000	0,584/0,005	93,96/1,05	93,85/1,14
	70°	0,590/0,000	0,549/0,016	93,96/1,05	89,04/1,06
	80°	0,584/0,005	0,539/0,005	92,42/0,41	85,86/0,77
1,0	40°	0,993/0,012	0,976/0,007	94,55/0,73	96,23/0,66
	50°	0,993/0,012	0,989/0,004	94,55/0,73	96,59/0,79
	60°	0,993/0,012	0,990/0,005	94,55/0,73	94,22/0,80
	70°	0,993/0,012	0,970/0,008	94,55/0,73	95,49/0,63
	80°	1,075/0,020	0,969/0,013	92,49/0,57	81,26/0,81
1,2	40°	1,216/0,012	1,214/0,013	92,10/0,19	92,24/0,14
	50°	1,216/0,012	1,219/0,006	92,10/0,19	92,21/0,11
	60°	1,216/0,012	1,206/0,013	92,10/0,19	92,34/0,21
	70°	1,265/0,028	1,234/0,016	91,56/0,36	89,69/0,17
	80°	1,265/0,028	1,188/0,023	91,56/0,36	84,71/0,36
1,7	40°	1,718/0,010	1,704/0,017	91,82/0,18	91,72/0,17
	50°	1,718/0,010	1,701/0,015	91,82/0,18	91,66/0,18
	60°	1,718/0,010	1,706/0,015	91,82/0,18	92,03/0,18
	70°	1,718/0,010	1,673/0,009	91,82/0,18	90,33/0,18
	80°	1,718/0,010	1,554/0,115	91,82/0,18	86,47/1,82

Tab. 2) Thermistore Typ [illegible] der Firma [illegible]: 1,8 kΩ

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	Äußere Temp.	Alkohol-Anfangskonzentr. in o/oo/ Standardabweichung	Alkoholkonzentr. nach Erwärmen in o/oo/ Standardabweichung	Wasserwert in % vor Erwärmen/ Standardabweichung	Wasserwert in % nach Erwärmen/ Standardabweichung
0,3	[illegible]°	[illegible]	0,306/0,013	91,31/0,11	91,20/0,14
	[illegible]°	[illegible]	0,309/0,011	91,31/0,11	91,05/0,24
	[illegible]°	[illegible]	0,309/0,013	91,31/0,11	91,14/0,14
	[illegible]°	[illegible]	[illegible]	91,31/0,11	84,68/0,24
0,8	[illegible]°	0,874/0,005	0,880/0,000	92,58/0,23	93,14/0,24
	[illegible]°	0,874/0,005	0,874/0,005	92,58/0,23	93,02/0,17
	[illegible]°	[illegible]	0,878/0,001	92,58/0,23	93,05/0,18
	[illegible]°	0,874/0,005	0,826/0,010	92,58/0,23	85,46/0,27
1,0	[illegible]°	[illegible]	0,878/0,007	92,66[illegible]/0,23	92,52/0,35
	[illegible]°	[illegible]	0,875/0,005	92,66[illegible]/0,23	92,26/0,34
	[illegible]°	[illegible]	0,876/0,007	92,66[illegible]/0,23	92,43/0,28
	[illegible]°	[illegible]	0,847/0,010	92,66/0,23	87,92/0,15
1,2	[illegible]°	[illegible]	[illegible]	91,78/0,09	[illegible]
	[illegible]°	1,323/0,007	[illegible]	91,78/0,09	[illegible]
	[illegible]°	1,323/0,007	[illegible]	91,78/0,09	[illegible]
	[illegible]°			91,78/0,09	[illegible]
1,7	[illegible]°	1,780/0,010	[illegible]	91,12/0,26	[illegible]
	[illegible]°	[illegible]	[illegible]	91,12/0,26	[illegible]
	[illegible]°	[illegible]	[illegible]	91,12/0,26	[illegible]
	[illegible]°	[illegible]	1,847/0,012	91,12/0,26	[illegible]

Tab. 3) Thermische Expositionsdauer der Blutproben: 15 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	Äußere Temp.	Alkohol-Anfangs-konzentr. in o/oo/ Standard-abweichung	Alkohol-konzentr. nach Erwärmen in o/oo/ Standardab-weichung	Wasserwert in % vor Erwärmen/ Standard-abweichung	Wasserwert in % nach Erwärmen/ Standardab-weichung
0,3	40°	0,316/0,005	0,310/0,000	90,54/0,19	90,31/0,18
	50°	0,365/0,012	0,387/0,007	94,27/0,38	94,27/0,20
	60°	0,310/0,000	0,295/0,000	92,15/0,26	89,31/0,33
1,0	40°	0,984/0,009	0,009/0,009	92,02/0,25	92,31/0,15
	50°	0,964/0,006	0,965/0,005	93,19/0,32	93,61/0,27
	60°	0,845/0,005	0,831/0,005	92,46/0,23	89,20/0,24
1,7	40°	1,758/0,014	1,736/0,013	92,67/0,14	92,86/0,23
	50°	1,673/0,011	1,658/0,008	91,88/0,08	91,76/0,11
	60°	1,664/0,012	1,558/0,008	88,64/0,15	84,25/0,65

ab. 4) Thermische Expositionsdauer der Blutproben: 30 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ngefähre lkohol- onz. in o/oo	Äußere Temp.	Alkohol- Anfangs- konzentr. in o/oo/ Standard- abweichung	Alkohol- konzentr. nach Erwär- men in o/oo/ Standardab- weichung	Wasserwert in % vor Erwärmen/ Standard- abweichung	Wasserwert in % nach Erwärmen/ Standardab- weichung
0,3	40°	0,316/0,005	0,311/0,003	90,54/0,19	90,33/0,18
	50°	0,365/0,012	0,372/0,011	94,27/0,38	94,66/0,47
	60°	0,310/0,000	0,259/0,003	92,15/0,26	82,52/0,23
1,0	40°	0,984/0,009	0,992/0,006	92,02/0,25	92,17/0,27
	50°	0,964/0,006	0,963/0,006	93,19/0,32	93,65/0,17
	60°	0,845/0,005	0,821/0,008	92,46/0,23	83,09/0,23
1,7	40°	1,758/0,014	1,725/0,009	92,67/0,14	92,76/0,16
	50°	1,673/0,011	1,660/0,008	91,88/0,08	91,65/0,26
	60°	1,664/0,012	1,522/0,008	88,64/0,15	80,35/0,39

Tab. 5) Thermische Expositionsdauer der Blutproben: 60 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	Äußere Temp.	Alkohol-Anfangs-konzentr. in o/oo/ Standardab-weichung	Alkohol-konzentr. nach Erwär-men in o/oo/ Standardab-weichung	Wasserwert in % vor Erwärmen/ Standard-abweichung	Wasserwert in % nach Erwärmen/ Standardab-weichung
0,3	40°	0,316/0,005	0,310/0,000	90,54/0,19	90,28/0,17
	50°	0,365/0,012	0,386/0,008	94,27/0,38	94,65/0,33
	60°	0,310/0,000	0,248/0,004	92,15/0,26	82,51/0,22
1,0	40°	0,984/0,009	0,989/0,007	92,02/0,25	92,21/0,17
	50°	0,964/0,007	0,930/0,008	93,19/0,32	93,78/0,30
	60°	0,974/0,005	0,857/0,017	92,19/0,32	82,29/0,44
1,7	40°	1,758/0,014	1,710/0,010	92,67/0,14	92,76/0,15
	50°	1,673/0,011	1,652/0,012	91,88/0,08	92,01/0,14
	60°	1,664/0,012	1,526/0,009	88,64/0,15	81,00/0,24

Tab. 6) Thermische Expositionsdauer der Blutproben: 120 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	Äußere Temp.	Alkohol-Anfangs-konzentr. in o/oo/ Standardab-weichung	Alkohol-konzentr. nach Erwär-men in o/oo/ Standardab-weichung	Wasserwert in % vor Erwärmen/ Standard-abweichung	Wasserwert in % nach Erwärmen/ Standardab-weichung
0,3	40°	0,316/0,005	0,310/0,000	90,54/0,19	90,34/0,54
	50°	0,365/0,012	0,384/0,005	94,27/0,38	95,08/0,39
	60°	0,310/0,000	0,254/0,006	92,15/0,26	87,37/0,34
1,0	40°	0,984/0,009	0,998/0,007	92,02/0,25	92,17/0,19
	50°	0,964/0,007	0,932/0,006	93,19/0,32	92,95/0,22
	60°	0,974/0,005	0,837/0,005	92,19/0,32	87,44/0,29
1,7	40°	1,758/0,014	1,708/0,008	92,67/0,14	92,85/0,18
	50°	1,673/0,011	1,643/0,017	91,88/0,08	92,14/0,15
	60°	1,664/0,012	1,562/0,019	88,64/0,15	81,67/0,36

Die folgenden Tabellen 7) bis 12) enthalten als Auswertungen der in den Tabellen 1) bis 6) dargestellten Meßdaten die absoluten Abweichungen der Alkohol- und Wassergehalte nach thermischer Exposition der Proben im Vergleich zu den Ausgangswerten.

Spalte 1: Annähernder Wert der eingestellten Alkoholkonzentration im Blut.

Spalte 2: Wasserbad-Temperatur, bei der das Probenkollektiv während der angegebenen Zeitdauer erwärmt wurde.

Spalte 3: Absolute Veränderung der Alkoholkonzentration in o/oo. Arithmetischer Mittelwert aus 8-12 Einzelwerten.

Spalte 4: Absolute Veränderung der Wasserkonzentration in %. Arithmetischer Mittelwert aus 8-12 Einzelwerten.

Tab. 7) Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo nach Erhitzen der Proben während 1 Minute

(1) ngefähre Alkohol-onz. in o/oo	(2) äußere Temp.	(3) absolute Veränderung der Alkoholkonz. in o/oo	(4) absolute Veränderung der Wasserkonz. in o/o
0,3	40°	+ 0,003	+ 0,39
	50°	+ 0,007	+ 0,13
	60°	- 0,003	- 0,19
	70°	- 0,007	- 1,62
	80°	- 0,020	- 3,21
0,6	40°	- 0,005	+ 0,79
	50°	- 0,006	+ 0,26
	60°	- 0,006	- 0,11
	70°	- 0,041	- 4,92
	80°	- 0,045	- 6,56
1,0	40°	- 0,017	+ 1,68
	50°	- 0,004	+ 2,04
	60°	- 0,003	- 0,33
	70°	- 0,023	+ 0,94
	80°	- 0,106	- 11,23
1,2	40°	- 0,002	+ 0,14
	50°	+ 0,003	+ 0,11
	60°	- 0,010	+ 0,24
	70°	- 0,031	- 1,87
	80°	- 0,077	- 6,85
1,7	40°	- 0,014	- 0,10
	50°	- 0,017	- 0,16
	60°	- 0,012	+ 0,21
	70°	- 0,045	- 1,49
	80°	- 0,164	- 5,35

Tab. 8) Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo nach Erhitzen der Proben während 1,5 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	äußere Temp.	absolute Veränderung der Alkoholkonz. in o/oo	absolute Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	+ 0,007	- 0,11
	50°	+ 0,010	- 0,26
	60°	+ 0,010	- 0,17
	70°	- 0,038	- 6,63
0,6	40°	+ 0,006	+ 0,56
	50°	± 0	+ 0,44
	60°	+ 0,005	+ 0,47
	70°	- 0,048	- 7,12
1,0	40°	- 0,001	- 0,14
	50°	- 0,004	- 0,40
	60°	- 0,003	- 0,23
	70°	- 0,032	- 4,74
1,2	40°	+ 0,004	- 0,16
	50°	+ 0,002	+ 0,09
	60°	+ 0,010	- 0,03
	70°	-	- 5,41
1,7	40°	+ 0,004	- 0,19
	50°	- 0,011	- 0,05
	60°	+ 0,003	- 0,23
	70°	- 0,113	- 8,78

Tab. 9) Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo nach Erhitzen der Proben während 15 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	äußere Temp.	absolute Veränderung der Alkoholkonz. in o/oo	absolute Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 0,006	- 0,23
	50°	- 0,022	± 0
	60°	- 0,015	- 2,84
1,0	40°	- 0,004	+ 0,29
	50°	+ 0,001	+ 0,42
	60°	- 0,014	- 3,26
1,7	40°	- 0,022	+ 0,19
	50°	- 0,015	- 0,12
	60°	- 0,106	- 4,39

Tab. 10) Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo nach Erhitzen der Proben während 30 Minuten

(1) Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	(2) äußere Temp.	(3) absolute Veränderung der Alkoholkonz. in o/oo	(4) absolute Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 0,005	- 0,21
	50°	+ 0,007	+ 0,39
	60°	- 0,051	- 9,63
1,0	40°	+ 0,008	+ 0,15
	50°	- 0,001	+ 0,46
	60°	- 0,024	- 9,37
1,7	40°	- 0,033	+ 0,09
	50°	- 0,013	- 0,23
	60°	- 0,142	- 8,29

Tab. 11) Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo nach Erhitzen der Proben während 60 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	äußere Temp.	absolute Veränderung der Alkoholkonz. in o/oo	absolute Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 0,006	- 0,26
	50°	+ 0,021	+ 0,38
	60°	- 0,062	- 9,64
1,0	40°	+ 0,005	+ 0,19
	50°	- 0,030	+ 0,59
	60°	- 0,117	- 9,90
1,7	40°	- 0,048	+ 0,09
	50°	- 0,021	+ 0,13
	60°	- 0,138	- 7,64

Tab. 12) Absolute Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in o/oo nach Erhitzen der Proben während 120 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkohol-konz. in o/oo	äußere Temp.	absolute Veränderung der Alkoholkonz. in o/oo	absolute Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 0,006	- 0,20
	50°	+ 0,019	+ 0,81
	60°	- 0,056	- 4,78
1,0	40°	+ 0,004	+ 0,15
	50°	- 0,032	- 0,24
	60°	- 0,137	- 4,75
1,7	40°	- 0,050	+ 0,18
	50°	- 0,030	+ 0,26
	60°	- 0,102	- 6,97

Die folgenden Tabellen 13) bis 18) enthalten als Auswertungen der in den Tabellen 1) bis 6) dargestellten Meßdaten die relativen Abweichungen der Alkohol- und Wassergehalte nach thermischer Exposition der Proben im Vergleich zu den Ausgangswerten.

Für die Zuordnung der dargestellten Zahlen und Werte in den 4 Spalten gelten sinngemäß die bereits für die Tabellen 7) bis 12) gültigen Erläuterungen.

Tab. 13) Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in % nach Erwärmen der Proben während 1 Minute

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	äußere Temp.	relative Veränderung der Alkoholkonz. in %	relative Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	+ 0,96	+ 0,41
	50°	+ 2,25	+ 0,14
	60°	- 0,96	- 0,20
	70°	- 2,25	- 1,72
	80°	- 6,67	- 3,60
0,6	40°	- 0,85	+ 0,84
	50°	- 1,02	+ 0,28
	60°	- 1,02	- 0,12
	70°	- 6,95	- 5,24
	80°	- 7,71	- 7,10
1,0	40°	- 1,7	+ 1,78
	50°	- 0,40	+ 2,16
	60°	- 0,30	- 0,35
	70°	- 2,32	+ 0,99
	80°	- 9,86	- 12,14
1,2	40°	- 0,16	+ 0,15
	50°	- 0,25	+ 0,12
	60°	- 0,82	+ 0,26
	70°	- 2,62	- 1,62
	80°	- 9,55	- 5,83

Tab. 14) Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in % nach Erwärmen der Proben während 1,5 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	äußere Temp.	relative Veränderung der Alkoholkonz. in %	relative Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	+ 2,34	- 0,12
	50°	+ 3,34	- 0,28
	60°	+ 3,34	- 0,19
	70°	-12,71	- 7,26
0,6	40°	+ 1,05	+ 0,60
	50°	± 0	+ 0,48
	60°	+ 0,87	+ 0,51
	70°	- 8,36	- 8,53
1,0	40°	- 0,10	- 0,15
	50°	- 0,41	- 0,43
	60°	- 0,31	- 0,25
	70°	- 3,27	- 5,12
1,2	40°	+ 0,30	- 0,17
	50°	+ 0,15	- 0,10
	60°	+ 0,76	- 0,03
	70°		- 5,89
1,7	40°	+ 0,23	- 0,21
	50°	- 0,63	- 0,05
	60°	+ 0,17	- 0,25
	70°	- 6,42	- 9,64

Tab. 15) Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in % nach Erwärmen der Proben während 15 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	äußere Temp.	relative Veränderung der Alkoholkonz. in %	relative Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 1,90	- 0,25
	50°	+ 6,03	± 0
	60°	- 4,84	- 3,08
1,0	40°	+ 0,41	+ 0,32
	50°	+ 0,10	+ 0,45
	60°	- 1,66	- 3,53
1,7	40°	- 1,25	+ 0,21
	50°	- 0,90	- 0,13
	60°	- 6,37	- 4,95

Tab. 16) Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in % nach Erwärmen der Proben während 30 Minuten

(1)	(2)	(3)	(4)
Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	äußere Temp.	relative Veränderung der Alkoholkonz. in %	relative Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 1,58	- 0,23
	50°	+ 1,92	+ 0,41
	60°	- 16,45	- 10,45
1,0	40°	+ 0,81	+ 0,16
	50°	- 0,10	+ 0,49
	60°	- 2,84	- 10,13
1,7	40°	- 1,88	+ 0,10
	50°	- 0,78	- 0,25
	60°	- 8,53	- 9,35

Tab. 17) Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in % nach Erwärmen der Proben während 60 Minuten

(1) Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	(2) äußere Temp.	(3) relative Veränderung der Alkoholkonz. in %	(4) relative Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 1,90	- 0,29
	50°	+ 5,75	+ 0,40
	60°	-20,00	-10,46
1,0	40°	+ 0,51	+ 0,21
	50°	- 3,53	+ 0,63
	60°	-12,01	- 10,74
1,7	40°	- 2,73	+ 0,10
	50°	- 1,26	+ 0,14
	60°	- 8,29	- 8,62

Tab. 18) Relative Abweichungen der Alkohol- und Wasserwerte in % nach Erwärmen der Proben während 120 Minuten

(1) Ungefähre Alkoholkonz. in o/oo	(2) äußere Temp.	(3) relative Veränderung der Alkoholkonz. in %	(4) relative Veränderung der Wasserkonz. in %
0,3	40°	- 1,90	- 0,22
	50°	+ 5,21	+ 0,86
	60°	- 18,06	- 5,19
1,0	40°	+ 1,42	+ 0,16
	50°	- 3,32	- 0,26
	60°	- 14,07	- 5,15
1,7	40°	- 2,84	+ 0,19
	50°	- 1,79	+ 0,28
	60°	- 6,13	- 7,86

Die graphische Darstellung der in Tab. 7) bis 18) aufgelisteten Meßwerte erfolgte durch Gegenüberstellung der absoluten Abweichungen der Alkohol- bzw. Wasserwerte (entspr. Tab. 7) bis 12) und der relativen Abweichungen der Alkohol- bzw. Wasserwerte (entspr. Tab. 13) bis 18), die jeweils gegen die Erhitzungsdauer (Abb.1 - 6a) und gegen die Temperaturstufe (Abb.7 - 10a) aufgetragen sind.
Dabei entstehen jeweils Kurvenzüge, die die genannten Konzentrationsänderungen bei einer bestimmten (ungefähren) Alkohol-Anfangskonzentration repräsentieren.
Bei der Beurteilung der Kurven ist zu berücksichtigen, daß die Zeitachse aus Gründen der Anschaulichkeit nicht maßstabsgerecht dargestellt ist.
Ferner wurde in den Zeit-Konzentrations-Diagrammen (Abb.1 bis 6a) auf den Verlauf bei Alkohol-Anfangskonzentrationen von 0,6 o/oo und 1,2 o/oo verzichtet, da sich deren Messungen über 1,5 Minuten Erhitzungsdauer erstreckten.

Erklärung

zu den Abbildungen 1), 3), 5), 7) und 9)

Die in der Grafik zur Darstellung der absoluten Abweichung der Alkoholkonzentration gestrichelten Linien geben die verfahrensbedingte Meßungenauigkeit von 0,015 o/oo an, die SCHMIDT (1982) quantifiziert hat.

Absolute (Abb.1) und relative (Abb.1a) Abweichungen der Alkoholgehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Erwärmungszeit bei 2 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 1,0 o/oo) und 40° C Wasserbadtemperatur.

Abb. 1)

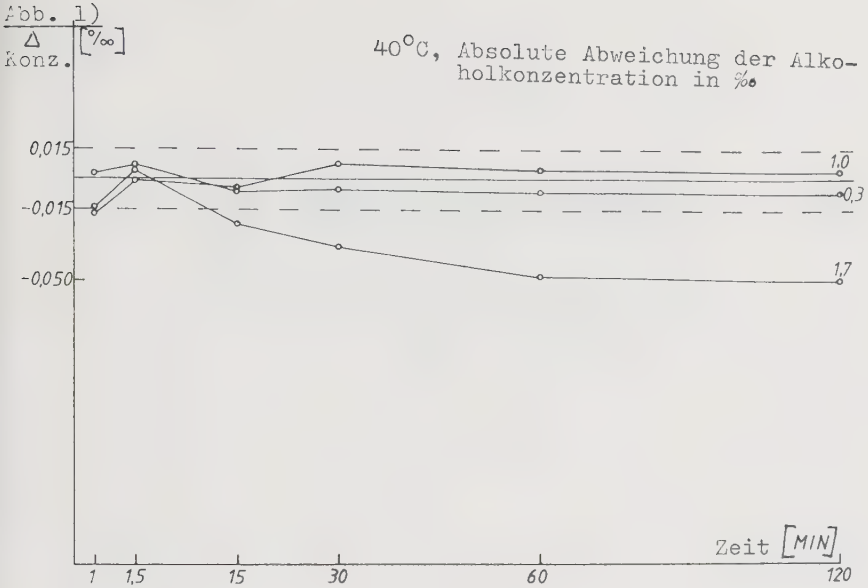
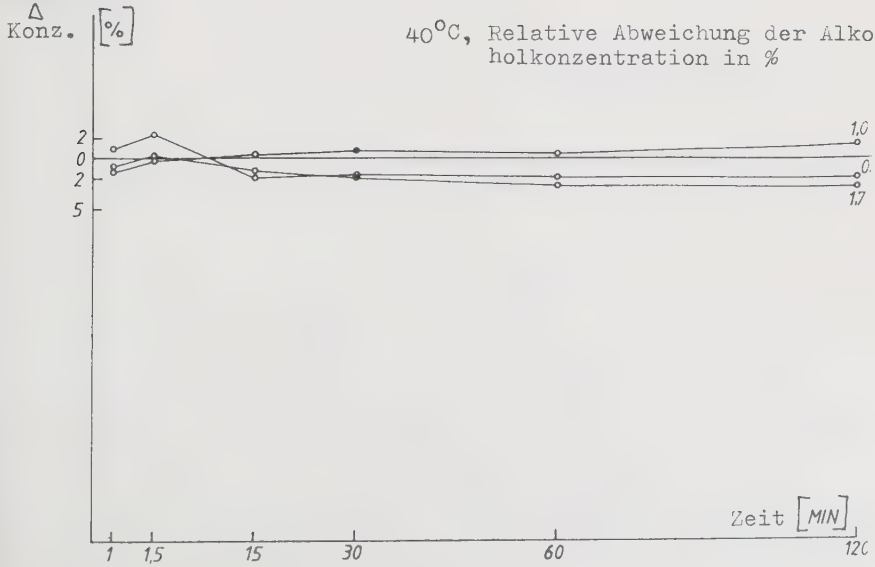

Δ Konz. [‰]
40°C, Absolute Abweichung der Alkoholkonzentration in ‰
0,015
-0,015
-0,050
1,0
0,3
1,7
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Abb. 1a)


Δ Konz. [%]
40°C, Relative Abweichung der Alkoholkonzentration in %
2
0
2
5
1,0
1,7
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Absolute (Abb.2) und relative (Abb.2a) Abweichungen der Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Erwärmungszeit bei 2 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 1,0 o/oo) und 40°C Wasserbadtemperatur.

Abb. 2)

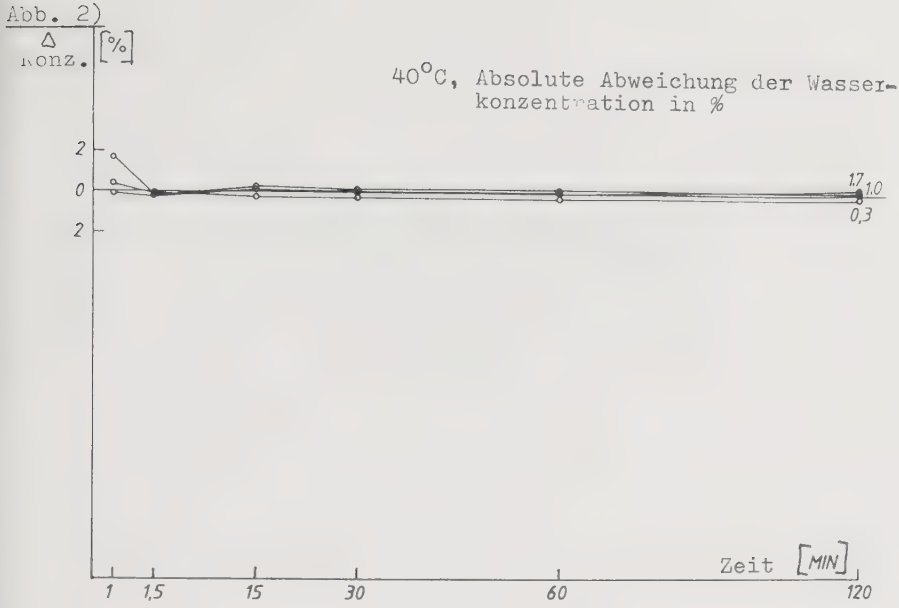
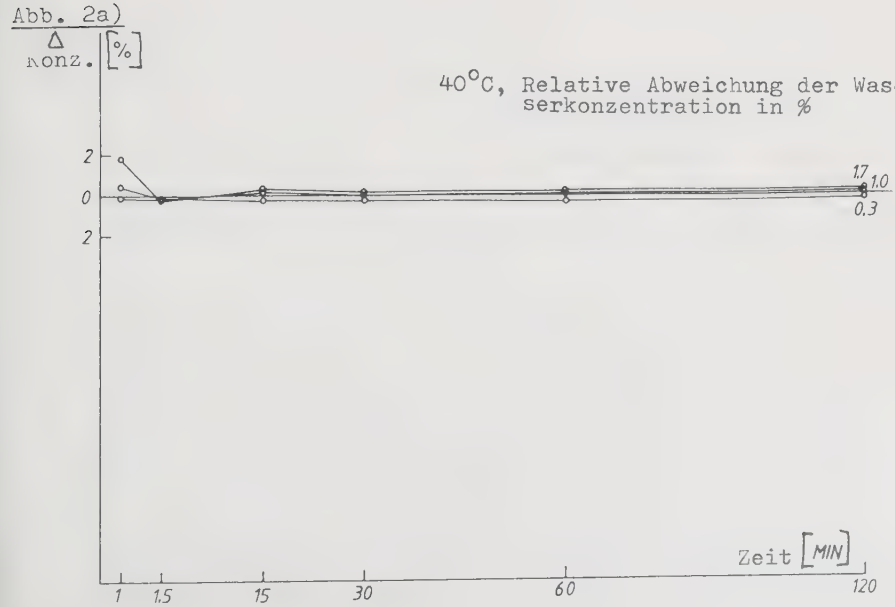

Δ Konz. [%]
40°C, Absolute Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
1.7
1.0
0.3
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Abb. 2a)


Δ Konz. [%]
40°C, Relative Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
1.7
1.0
0.3
Zeit [MIN]
1
1.5
15
30
60
120

Absolute (Abb.3) und relative (Abb.3a) Abweichungen der Alkoholgehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Erwärmungszeit bei 2 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 1,0 o/oo) und 50°C Wasserbadtemperatur.

Abb. 3)

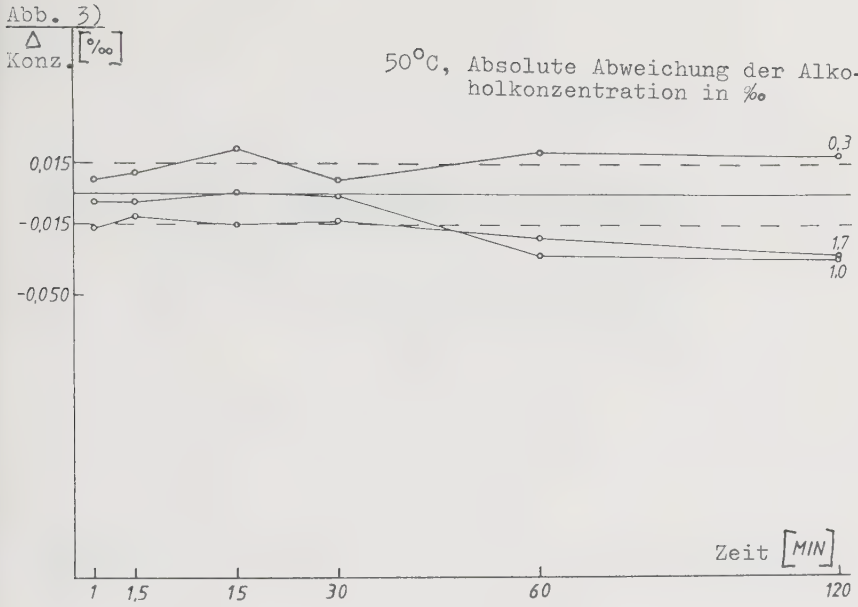
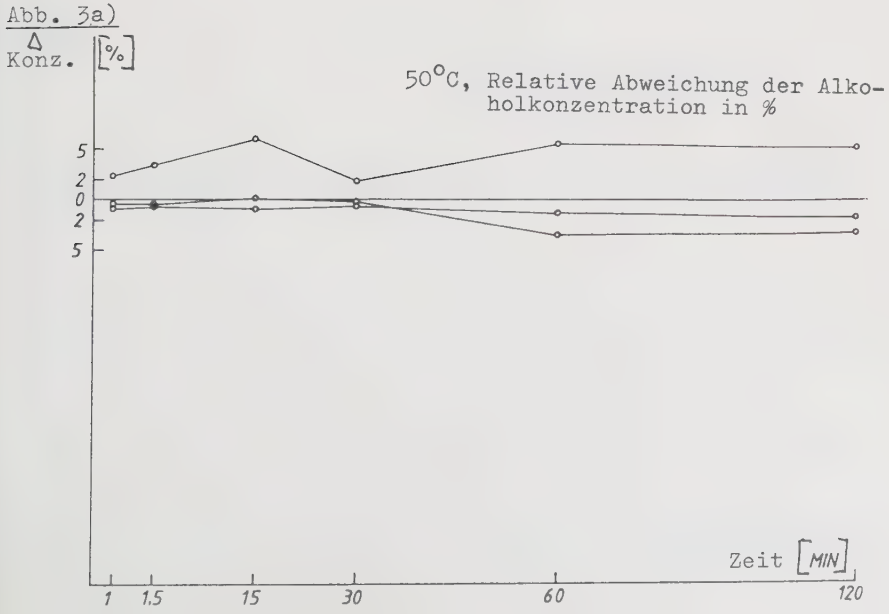

Δ Konz. [‰]
50°C, Absolute Abweichung der Alkoholkonzentration in ‰
0,015
-0,015
-0,050
0,3
1,7
1,0
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Abb. 3a)


Δ Konz. [%]
50°C, Relative Abweichung der Alkoholkonzentration in %
5
2
0
2
5
Zeit [MIN]
1
1.5
15
30
60
120

Absolute (Abb.4) und relative (Abb.4a) Abweichungen der Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Erwärmungszeit bei 2 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 1,0 o/oo) und 50°C Wasserbadtemperatur.

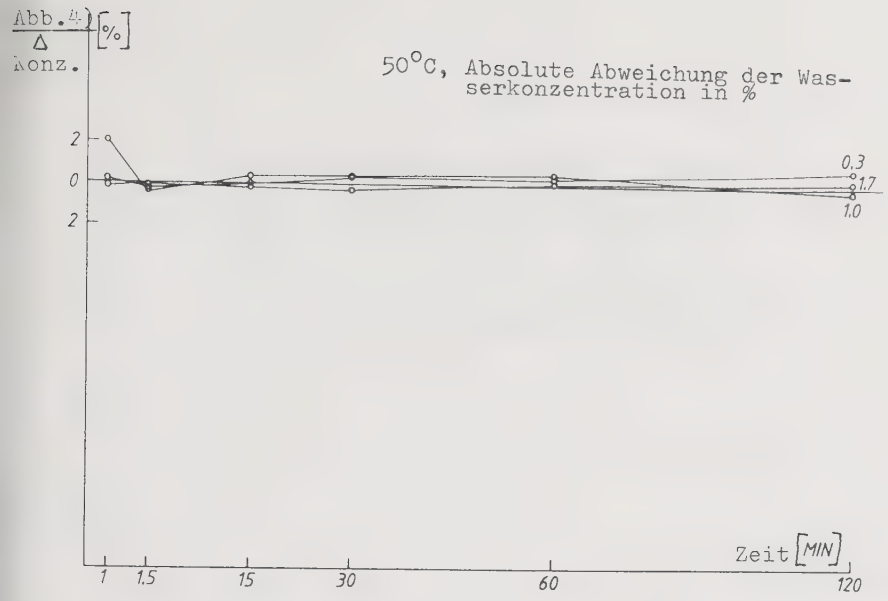


Abb.4)
Δ
Konz.
[%]
50°C, Absolute Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
0,3
1,7
1,0
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

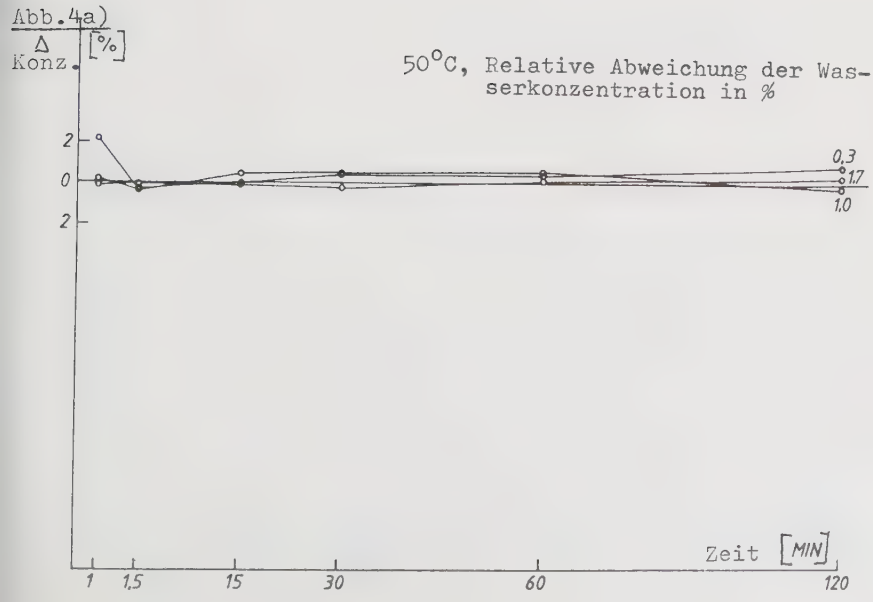


Abb.4a)
Δ
Konz.
[%]
50°C, Relative Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
0,3
1,7
1,0
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Absolute (Abb.5) und relative (Abb.5a) Abweichungen der Alkoholgehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Erwärmungszeit bei 2 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 1,0 o/oo) und 60°C Wasserbadtemperatur.

Abb.5)

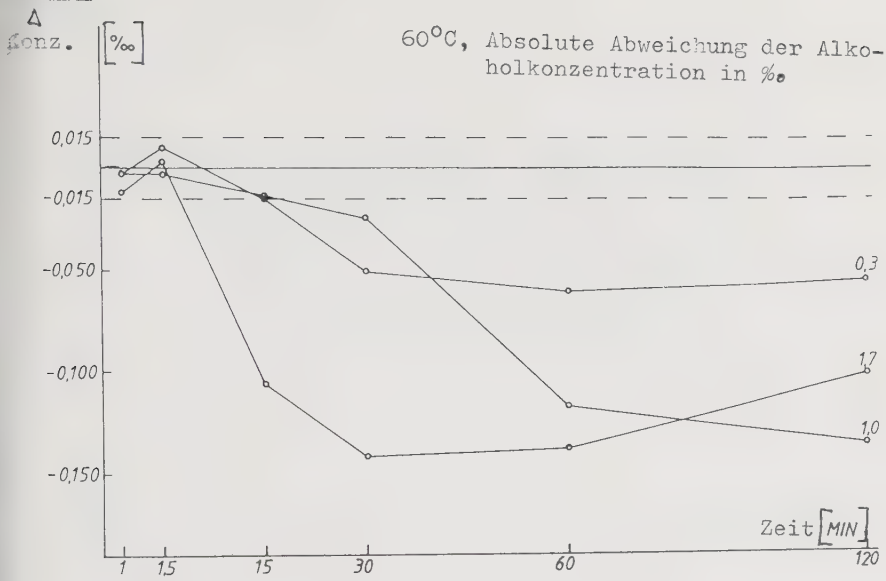
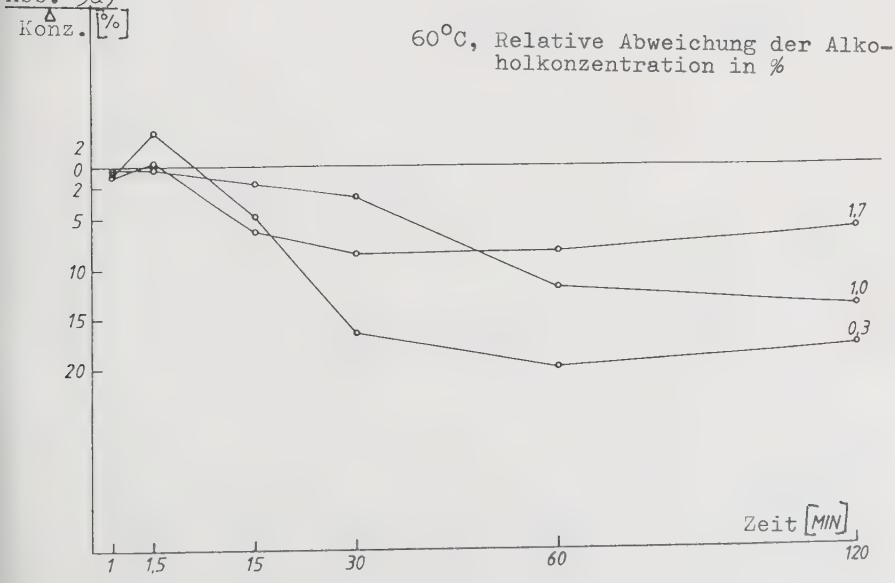

Δ Konz. [‰]
60°C, Absolute Abweichung der Alkoholkonzentration in ‰
0,015
-0,015
-0,050
-0,100
-0,150
0,3
1,7
1,0
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Abb. 5a)


Δ Konz. [%]
60°C, Relative Abweichung der Alkoholkonzentration in %
2
0
2
5
10
15
20
1,7
1,0
0,3
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Absolute (Abb.6) und relative (Abb.6a) Abweichungen der Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Erwärmungszeit bei 2 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 1,0 o/oo) und 60°C Wasserbadtemperatur.

Abb. 6)

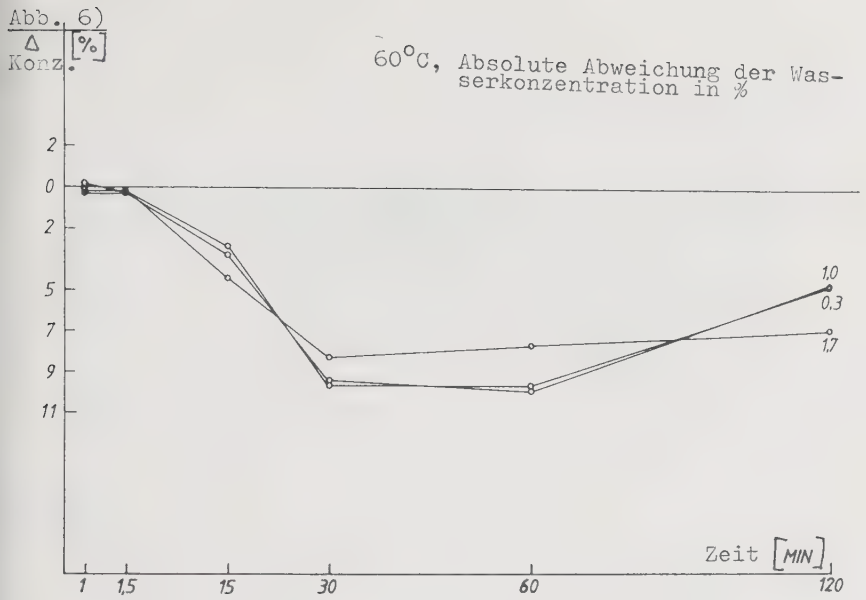
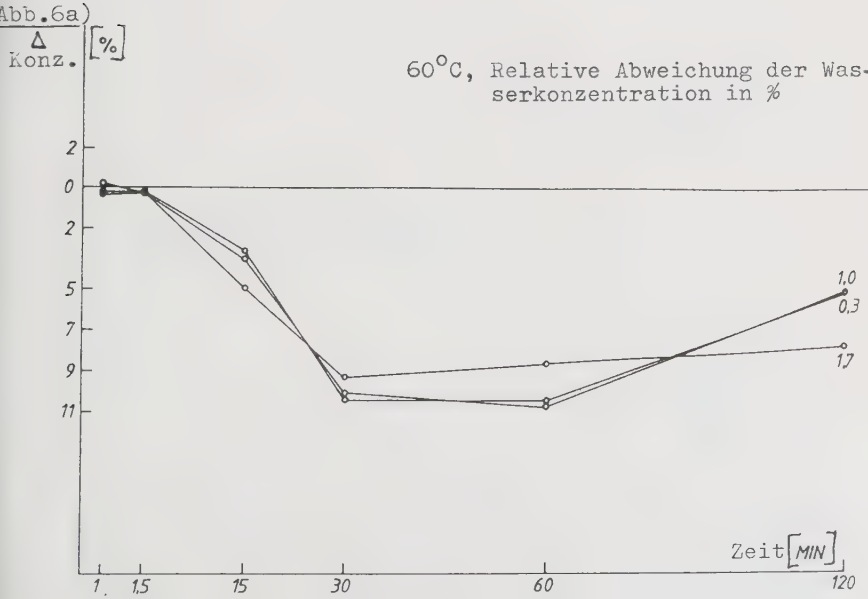

Δ Konz. [%]
60°C, Absolute Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
5
7
9
11
1,0
0,3
1,7
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Abb.6a)


Δ Konz. [%]
60°C, Relative Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
5
7
9
11
1,0
0,3
1,7
Zeit [MIN]
1
1,5
15
30
60
120

Absolute (Abb.7) und relative (Abb.7a) Abweichungen der Alkoholgehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Wasserbadtemperatur bei 4 verschiedenen Alkoholkonzentrationen (0,3, 0,6, 1,0, 1,2 o/oo) und 1 Minute Expositionsdauer.

Abb. 7)

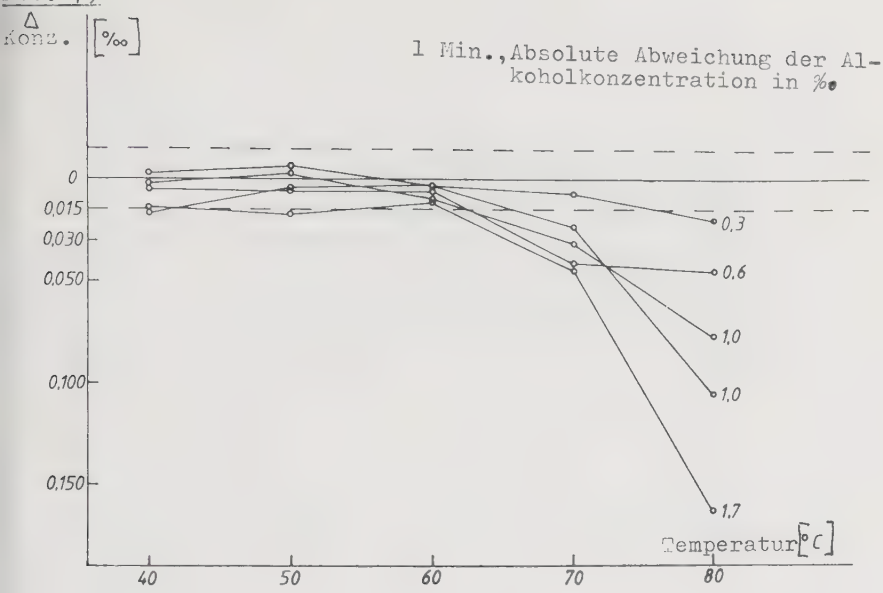
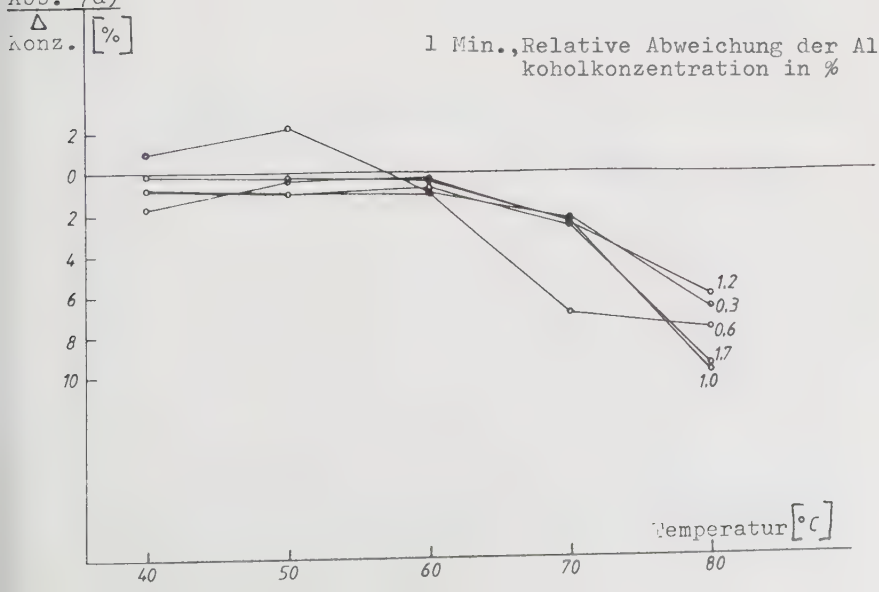

Δ Konz. [‰]
1 Min., Absolute Abweichung der Alkoholkonzentration in ‰
0
0,015
0,030
0,050
0,100
0,150
0,3
0,6
1,0
1,0
1,7
Temperatur [°C]
40
50
60
70
80

Abb. 7a)


Δ Konz. [%]
1 Min., Relative Abweichung der Alkoholkonzentration in %
2
0
2
4
6
8
10
1.2
0.3
0.6
1.7
1.0
Temperatur [°C]
40
50
60
70
80

Absolute (Abb.8) und relative (Abb.8a) Abweichungen der Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Wasserbadtemperatur bei 4 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 0,6, 1,0, 1,2 o/oo) und 1 Minute Expositionsdauer.

Abb.8)

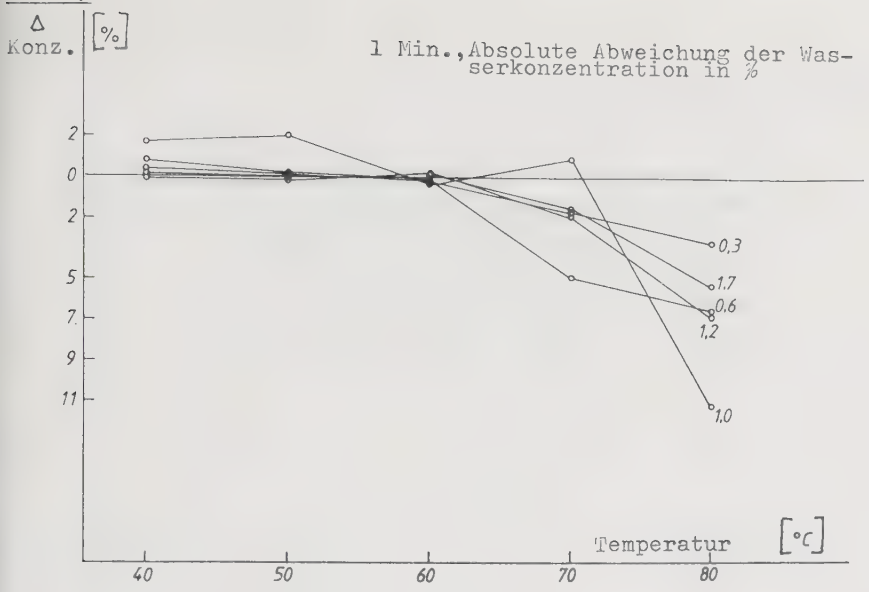
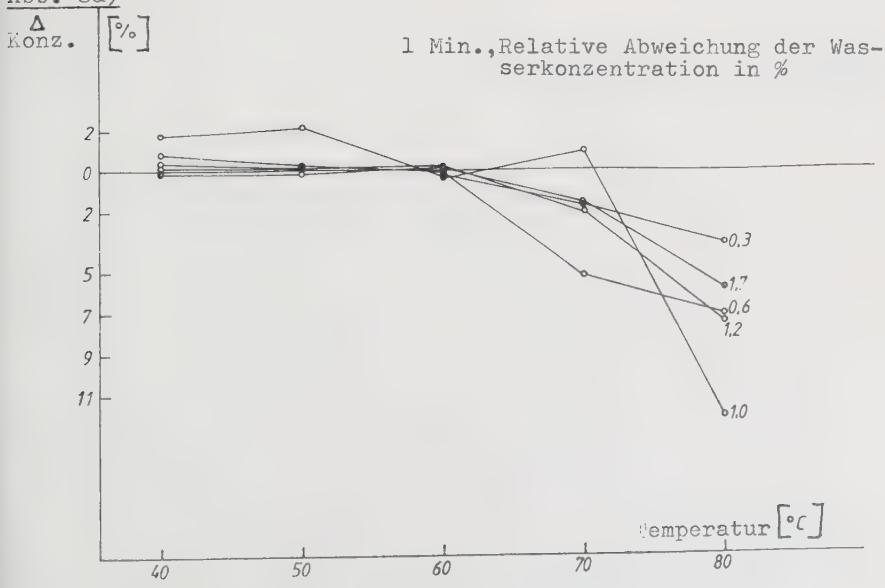

Δ Konz. [%]
1 Min., Absolute Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
5
7
9
11
0,3
1,7
0,6
1,2
1,0
Temperatur [°C]
40
50
60
70
80

Abb. 8a)


Δ Konz. [%]
1 Min., Relative Abweichung der Wasserkonzentration in %
2
0
2
5
7
9
11
0,3
1,7
0,6
1,2
1,0
Temperatur [°C]
40
50
60
70
80

Absolute (Abb.9) und relative (Abb.9a) Abweichungen der Alkoholgehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Wasserbadtemperatur bei 3 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 0,6, 1,0 o/oo) und 1,5 Minuten Expositionsdauer.

Abb. 9)

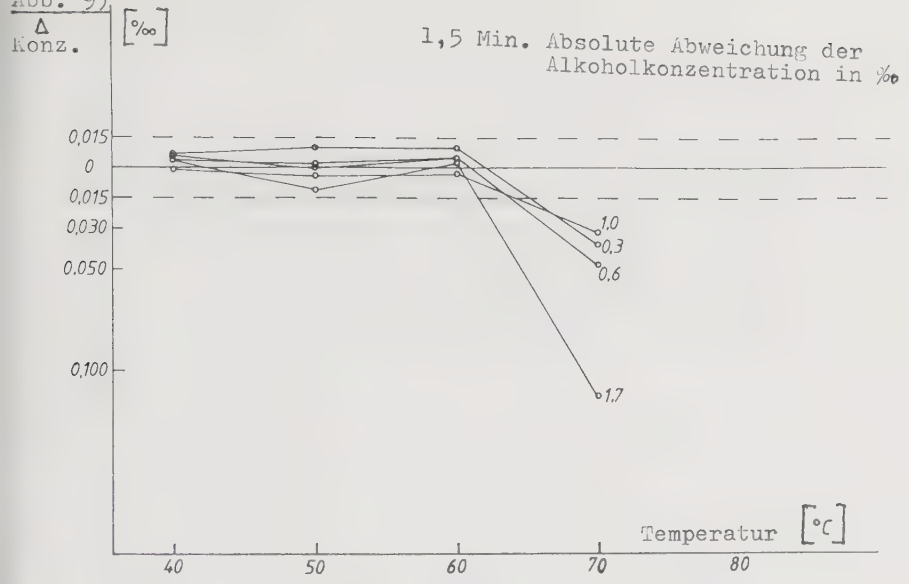
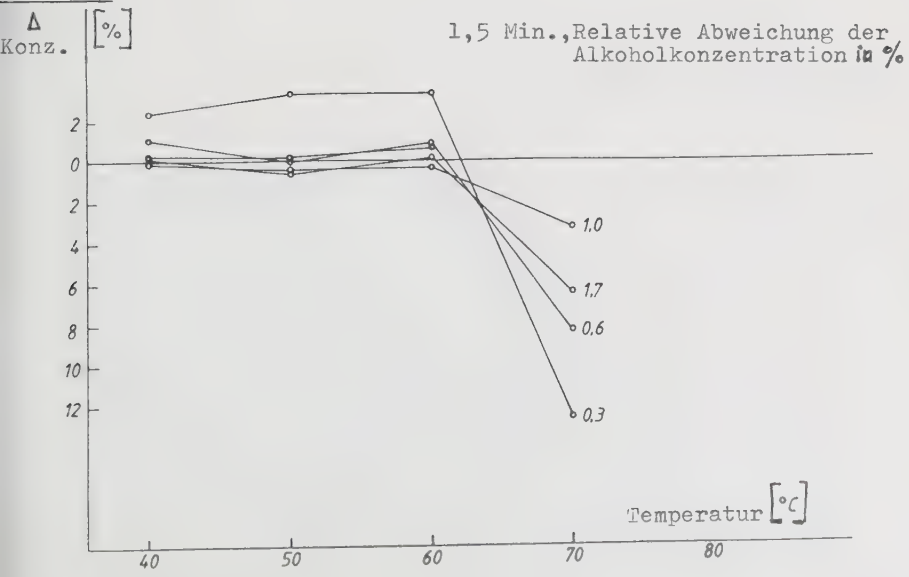

Δ Konz. [‰]
1,5 Min. Absolute Abweichung der Alkoholkonzentration in ‰
0,015
0
0,015
0,030
0,050
0,100
1.0
0,3
0,6
1,7
Temperatur [°C]
40
50
60
70
80

Abb. 9a)


Δ Konz. [%]
1,5 Min., Relative Abweichung der Alkoholkonzentration in %
2
0
2
4
6
8
10
12
1.0
1,7
0,6
0,3
Temperatur [°C]
40
50
60
70
80

Absolute (Abb.10) und relative (Abb.10a) Abweichungen der Wassergehalte von Blutproben in Abhängigkeit der Wasserbadtemperatur bei 4 verschiedenen Alkohol-Anfangskonzentrationen (0,3, 0,6, 1,0, 1,2 o/oo) und 1,5 Minuten Expositionsdauer.

Abb. 10)

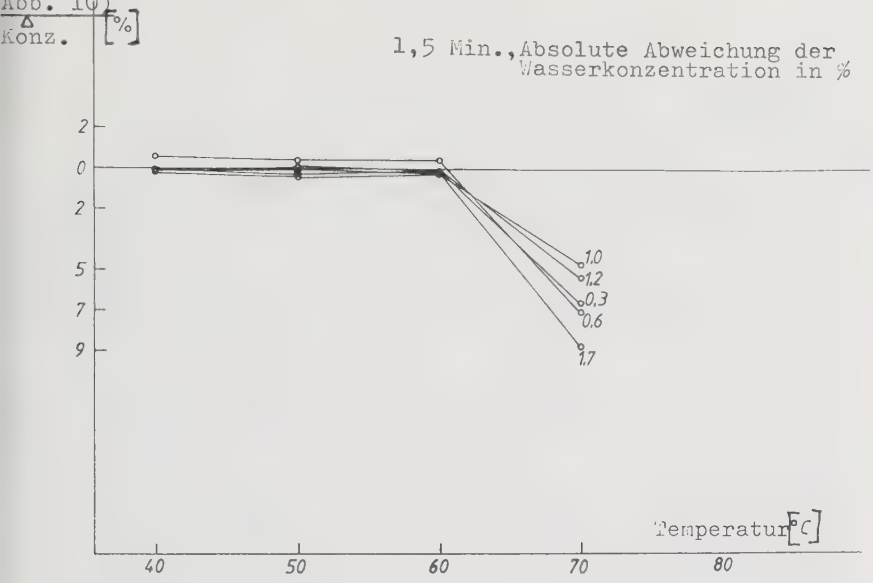
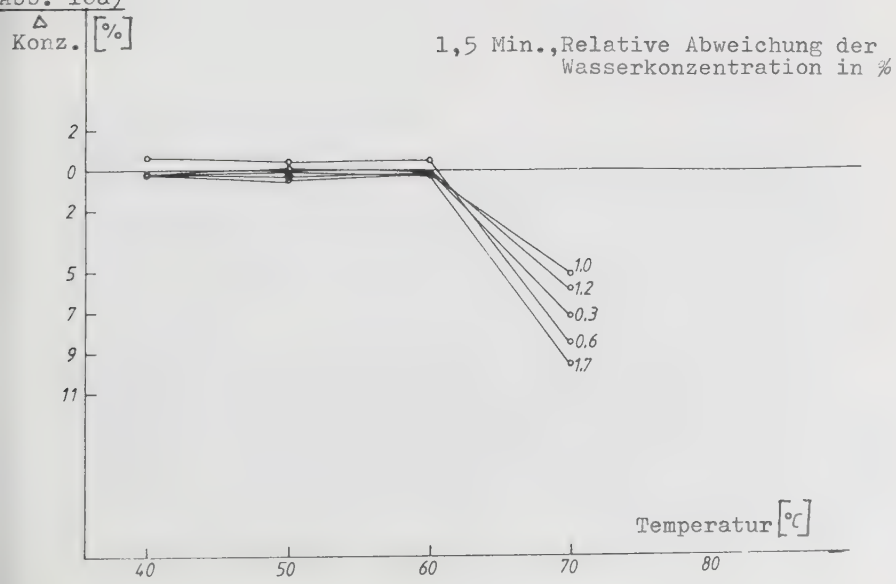


Abb. 10a)



Diskussion

Bezüglich der Frage der Abhängigkeit der Alkohol- bzw. Wassergehaltsveränderungen von der Höhe der Ausgangskonzentration gab es bisher hierzu nur Untersuchungen nach wesentlich längeren Lagerungszeiten, allerdings unter Normalbedingungen. So konnten KÄDING/THIESS (1980) in länger gelagerten Venülen keine derartige Abhängigkeit ihrer Veränderungen bemerken. IFFLAND kam schon 1976 zum gleichen Ergebnis und führt die gegensätzlichen Ergebnisse MITTMEYERS auf die Außerachtlassung der Wasserveränderungen zurück. Die ebenfalls anderslautenden Ergebnisse von WEILER/KLÖPPEL (1976) wurden an offen gelagerten Venülen gewonnen und kommen wegen des grundsätzlichen Unterschiedes der Modellkinetik nicht als Widerspruch zum Tragen. Unterstellt man einen bei den Fragekonstellationen gemeinsamen Modus der Veränderung, auch für thermische Extrembedingungen, nämlich einen zunehmenden Erythrozytenzerfall mit starker Hämolysierung des Serums, so kann man die bisherigen Ergebnisse durchaus zur Erklärung der eigenen Untersuchungsergebnisse heranziehen.

Als wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen kann zunächst festgestellt werden, daß auch unter thermischen Extrembedingungen vorliegender Art bis zu 2 Stunden Dauer keine Abhängigkeit der Alkoholkonzentrationsveränderungen von der Ausgangskonzentration besteht. Auf Einzelheiten dieses Befundes wird später noch eingegangen werden.

Was die Abhängigkeit der Alkoholkonzentrationsveränderungen von der Temperaturhöhe und Dauer der Temperatureinwirkung betrifft, sollen zunächst die nach Erhitzung auf 40°, 50° und 60°C gewonnenen Meßwerte zur Betrachtung kommen.

Die aufgrund der Probenkoagulation bei 70^{o} und 80^{o} nur über einen Zeitraum von 1 bis 1,5 Min. durchgeführten Messungen werden anschließend bewertet, da hier der mangelhafte Temperaturausgleich zwischen Außentemperatur und Probentemperatur während so kurzer Erhitzungszeiten ein zusätzliches Problem bildet.

Zunächst aber sind bezüglich der Meßgenauigkeit des GC-Verfahrens sowie der Genauigkeit volumetrischer Probennahme einige Anmerkungen wichtig:

- SCHMIDT (1982) hat in seiner Untersuchung die systematischen Resultatsabweichungen des GC-Verfahrens von sehr genau gravimetrisch bestimmten Ausgangswerten unterschiedlich konzentrierter Alkoholproben sowie die dann auftretenden statistischen Schwankungen im GC-Resultat ermittelt. Dabei zeigte sich, daß der Gaschromatograph durch "Verdunstung" Unterbefunde anzeigt, d.h., daß bei der Messung ein gewisses Quantum an Alkohol verlorengeht. Die graphische Darstellung dieser Verluste in Abhängigkeit von der Ausgangskonzentration läßt erkennen, daß keine direkt lineare Beziehung zwischen Konzentrationshöhe und Verlusthöhe gegeben ist. Rein qualitativ läßt sich aber sagen, daß bei kleinen Ausgangskonzentrationen die Verluste klein, bei höheren auch die Verluste eher höher liegen (Abb.11).
- Bei der volumetrischen Probennahme mittels Eppendorff-Pipette ist die Exaktheit des Meßgutvolumens von einer Reihe von Faktoren abhängig. Bereits angesprochen wurde die herstellungsbedingte Schwankung des Hubvolumens und eine Möglichkeit, sie zu begrenzen.
- Ein weiterer, die Präzision stark beeinträchtigender Faktor ist die Beschaffenheit des Meßgutes, d.h. des Blutes. Bei Untersuchungen unter Normalbedingungen ändert sich die Beschaffenheit des zu pipettierenden Serums nur in engen Grenzen. Im Falle der vorliegenden Untersuchung müssen aber starke Unterschiede in Viskosität und in der Wandspannung zwi-

schen Kontrollblut und Probenblut in Rechnung gestellt werden.

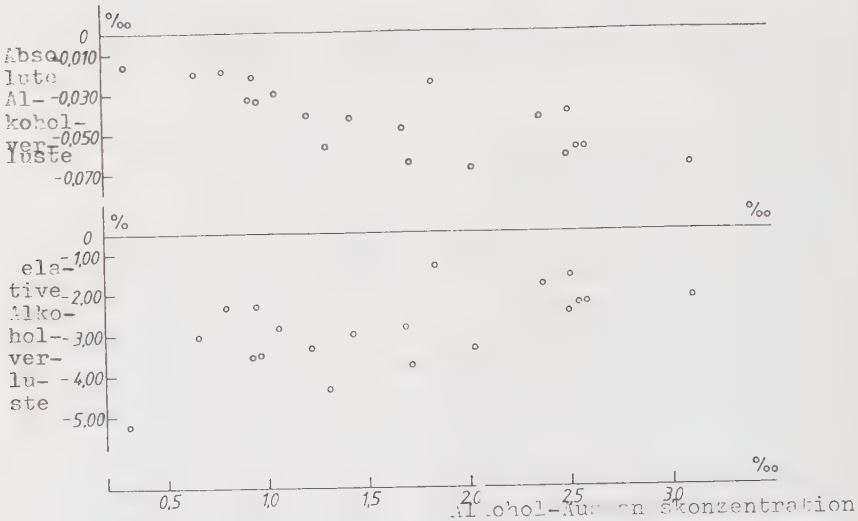


Abb.11) Graphische Darstellung der tabellarischen Werte nach SCHMIDT (1982, Tab.3):
Absolute (oben) und relative (unten) Alkoholverluste im Gaschromatographen bei gegebener Alkohol-Anfangskonzentration in o/oo.

Viskosität:

KLUG, KRAULAND, VIDIC haben 1970 den Zusammenhang zwischen Serum-Wassergehalt und Serum-Dichte neu ermittelt. Deswegen sei ihrer Untersuchung mehr Gewicht gegeben, als der abweichenden, mit jeweils etwas geringeren Dichten rechnenden Veröffent

lichung von SUNDERMANN (1936). Da die Viskosität multifaktoriell u.a. von der Dichte abhängt und da Viskositätsunterschiede nach KRAULAND, VIDIC, FREUDENBERG, SCHMIDT, LENK (1959) bei volumetrischen Messungen eine Fehlerquelle darstellen, müssen diese bereits optisch erkennbaren Unterschiede im Fließverhalten zusätzlich beachtet werden.
KLUG, KRAULAND und VIDIC (1970) gehen in vereinfachender Weise davon aus, daß das spezifische Gewicht annähernd umgekehrt proportional dem Wassergehalt der Probe ist.
Zur Ermittlung der Werte für hämolytisches Serum werden den Wassergehalten von 91 % und 76 % die Dichten 1.030 bzw. 1.055 zugeordnet.
Durch Verbinden der beiden Punkte kann mit ausreichender Genauigkeit einem beliebigen Wassergehalt die entsprechende Dichte zugeordnet werden (Abb.12).
Die neue Beziehung zugrunde gelegt, ergeben sich Unterschiede zwischen Kontrollserum mit 1,025 bis 1,034 g/cm^3 und Probenserum mit max. 1,048 g/cm^3.

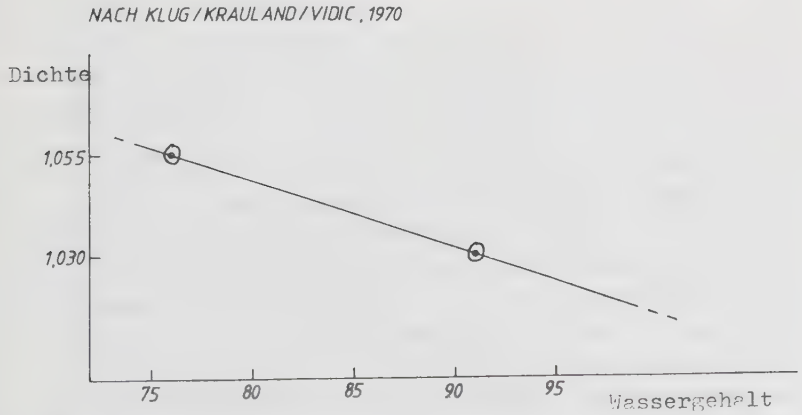


Abb.12) Lineare Abhängigkeit der Dichte (hämolytischer) Serumproben von ihrem Wassergehalt innerhalb zweier gemessener Werte nach KLUG/KRAULAND/VIDIC (1970).

Oberflächenspannung:

Des weiteren muß berücksichtigt werden, daß beim Erhitzen auf teilweise 80°C über Zeiträume von bis zu 120 Minuten Änderungen im Gel-/Sol-Zustand der Serumproteine sehr wahrscheinlich sind. Über daraus resultierende Affinitätsveränderungen an der Mediengrenze von Pipettenwand, Luft und Serum, insbesondere Änderungen des unter Normalbedingungen konstanten Steigungswinkels, sind Fehler im Meßvolumen trotz Miteinschneidens der Pipettenspitzen nicht zu vermeiden.

Alkohol- und Wasserbilanz nach Erwärmen der Proben auf 40°C

(Abb.1, 1a, 2, 2a)

Im Gegensatz zu den Konzentrationen von 0,3 o/oo bzw. 1,0 o/oo, die absolut und prozentual im Rahmen der von SCHMIDT (1982) angegebenen Streuung des Meßverfahrens liegen, ist die besonders starke Negativabweichung der Konzentration von 1,7 o/oo zwischen 15 und 120 Minuten auffällig. Diese beträgt nach Abzug der Meßungenauigkeit zwischen 0,008 und 0,035 o/oo, bedeutet aber dennoch keine Diskrepanz zu den beiden Äquivalenzwerten:

- Einzelmessung gegenüber Mehrfachmessung
  Der Maßstab bedingt eine optisch überproportionale Darstellung einer Einzelmessung. Meßwerte werden in der forensischen Praxis über zwei getrennte Verfahren bestimmt und nach jeweiligen Doppelbestimmungen gemittelt. Dabei werden Extremabweichungen dieser Art geglättet.

- Kühlungsfehler/Pipettenfehler
  Aus praktischen Gründen mußte bei diesem Versuch auf eine ausreichende thermische Nivellierung nach dem Erhitzen verzich-

tet werden. Dadurch wurde im Gegensatz zu der Kontrollgruppe die Probengruppe mit einem thermisch expandierten, d.h. tatsächlich zu geringem Volumen eingemessen. Der dabei auftretende Fehler ist in zeitlicher Abhängigkeit der Probenziehung mit max. 0,009 o/oo zu bewerten. Er liegt dabei etwa gleich hoch wie der ohnehin zur Meßungenauigkeit von 0,015 o/oo hinzutretende Pipettenfehler von in diesem Konzentrationsbereich 0,010 o/oo.

- "Verdunstung" bei GC-Messung
  Die oben angeführte, von SCHMIDT (1982) näher beschriebene "Verdunstung" läßt sich nicht näher quantifizieren. Aufgrund der von ihm ermittelten Streuung der Abweichung seiner Meßresultate vom eingewogenen Kontrollwert kann nicht ausgeschlossen werden, daß Kontrollgruppe und Probengruppe dieser Untersuchung einem gegenläufigen Effekt gleicher Art unterliegen. Aufgrund der gleichförmig zunehmenden Tendenz des Abfalls ist dieser Einfluß allein sicherlich von untergeordneter Bedeutung.

- Temperaturabhängige Meßwertdivergenz
  SCHWERD/HILLER-MEIER haben 1979 bereits im Temperaturbereich von 40° unter verschiedenen Bedingungen Untersuchungen über Konzentrationsabnahmen gemacht. Diese erstreckten sich über einen Zeitraum von 6 bis 10 Tagen. Hierbei ergab sich bei 6 Tagen eine Mittelwertstreuung von 0,040 o/oo, bei 7 Tagen eine von 0,020 o/oo (dabei wurden Sechsfachbestimmungen vorgenommen) sowie bei 10 Tagen eine von 0,140 o/oo. Die angegebenen Ausgangskonzentrationen lagen bei 7 Tagen zwischen 0,48 o/oo und 0,96 o/oo. Das Ausmaß der "range", d.h. der Differenz vom größten zum kleinsten Mittelwert ist nicht linear zur Zeit der Inkubation. So kann man also auch bei kürzeren Zeiten einen solchen, im übrigen bisher ungeklärten Effekt, annehmen.

- Die Serum-Wasserkonzentrationen der Probengruppen bei 40°, die aufgrund der Beschreibung zahlreicher Autoren - zusammen mit Hämoglobin-Bestimmungen - ein Maß für den Einfluß von Eiweißgehalt bzw. Hämoglobingehalt durch Hämolyse darstellen, also ein Meßwert für die Alkoholkonzentration beeinflussende substanzielle Veränderungen im Blut sind, bleiben bei 40° gegenüber den Konzentrationen der Kontrollgruppen absolut und prozentual unverändert. Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß sich bei 40° unabhängig vom Alter der jeweiligen Proben keine substantiellen Veränderungen im Blut ergeben. Bezüglich der Alkoholkonzentration spielt Erhitzen bis zu 2 Stunden prozentual ebenso keine Rolle, wie auch absolut bei zwei der drei Konzentrationen. Der divergierende Absolutwert einer Konzentrationsgruppe erklärt sich hauptsächlich durch additive Überlagerung von Erwärmungsfehlern, rechnerisch größeren Toleranzen bei Einfachmessung sowie der bis heute ungeklärten temperaturabhängigen Divergenz.

Alkohol- und Wasserbilanz nach Erhitzen der Proben auf 50°

(Abb.3, 3a, 4, 4a)

Ähnlich wie bei 40° liegen in diesem Temperaturbereich zwei Kurven im Zeitverlauf der Alkoholabweichung kongruent, eine dritte, die der niedrigsten Konzentration von 0,3 o/oo entspricht, weicht in der Form ab, daß sie keinen Alkoholverlust, sondern sogar eine Alkoholkonzentrationserhöhung anzeigt, und zwar positiv um Werte von 0,004 bis 0,007 o/oo über die Meßgenauigkeit hinaus. Dazu sei angemerkt, daß SCHWERD/HILLERMEIER (1979) Abweichungen bis 0,030 % noch geringfügig nennt.
Es gibt auch dafür eine Reihe von Erklärungsmöglichkeiten.

Ebenso wie bei 40° ist diese Abweichung artefiziell - der Meßwert bei 30 Minuten ist kongruent mit den übrigen beiden -, sie ist jedoch wahrscheinlich teilweise auf andere Ursachen zurückzuführen, als die Negativabweichung bei 40°.

Allerdings dürften mögliche Ursachen nicht daraus hergeleitet werden, daß die Abweichung sowohl absolut als auch prozentual auffällig ist. Denn daß sich im Gegensatz dazu die Abweichung bei 40° nur in absoluter Darstellung zeigt, ist auf die geringere Abweichungsrobustheit eines niedrigen Mittelwertes zurückzuführen, d.h. daß die gleiche absolute Abweichung bei einem betragsmäßig hohen Wert (hier: 1,7 o/oo) prozentual weniger "zu Buche schlägt", als bei einem betragsmäßig niedrigen Wert (hier: 0,3 o/oo). Ebenso kann die von SCHMIDT angesprochene "Verdunstung" als Ursache genannt werden, denn deren Abweichungen sind eher im Negativen zu suchen als im Positiven. Außerdem wäre sie betragsmäßig bei 0,3 % geringer als z.B. bei 1,7 %.
Die Tatsache, daß in diesem Falle Alkohol- und Wasserabweichung ein positives Vorzeichen haben, sowie die geringe Größe von max. 0,007 o/oo könnten eine andere Deutung nahelegen.
BRETTEL (1972) schreibt, daß bei Wasseruntersuchungen "Serumergebnisse unterschiedlich hoch ausfallen, je nachdem das Untersuchungsmaterial der oberflächlichen Schicht oder aus tieferen Bereichen entnommen wurde". Legt man die von ihm angeführte Einzeluntersuchung zugrunde, käme man bei einer Schichtungsdifferenz von nur max. 0,72 % zu einer daraus resultierenden Alkoholschwankung von etwa 0,002 % bei 0,3 o/oo Mittelwert.
Legt man jetzt noch einen Pipettenfehler von 0,60 % zugrunde, so kann man mit dem daraus zusätzlich entstehenden Fehler von noch einmal 0,002 o/oo die Abweichung ungefähr erklären.

Viel bedeutsamer ist für diesen Temperaturbereich die Frage,

ob nach 60 bzw. 120 minütigem Erhitzen bereits reale Negativabweichungen der Alkoholkonzentration stattfinden.

Die Beantwortung dieser Frage ist jedoch problematisch. Eine Reihe von Autoren betonen - Sterilität vorausgesetzt - den engen Zusammenhang der drei Größen Alkohol, Wasser und Hämoglobin. Auch wenn man aus methodischen Gründen auf den Hämoglobinwert verzichten mußte, kann man im vorliegenden Fall aus dem Verhalten der Alkohol- und Wasserkonzentration - wenn man eine mögliche bakterielle Kontamination als überragend bestimmende Größe ausschließen will - folgern, daß in diesem Temperaturbereich mit einer geringfügigen, nicht signifikanten Negativabweichung des Alkoholspiegels bei Stundenfrist zu rechnen ist, nicht aber mit Veränderungen im Wassergehalt.

Daher scheint der Schluß berechtigt, daß es keine substantiellen Veränderungen im Sinne einer Hämolyse gegeben hat.

Als Stütze für diesen Befund mögen folgende Überlegungen dienen:

1972 hat BRETTEL ein auf Vor- und Eigenuntersuchungen beruhendes Modell der Wasserverteilung zwischen Serum und Vollblut dargestellt. Bedeutsam ist danach, daß nicht alles Wasse im Serum - sowie im Sedimentraum als Lösungsmittel für Alkohol zur Verfügung steht, da es als Lösungsmittel für Kolloide - und Hämoglobin gehört dazu - benötigt wird. Die Relation dieses so gebundenen Wassers beträgt zwischen Serum und Vollblut etwa 1:3 (BRETTEL 1972). Nun kann nicht ausgeschlossen werden, daß durch Erhitzen bei 50° durch Änderungen in der Tertiär- und Quartärstruktur der Eiweiße durch Erythrozytenlyse - freigesetztes Hämoglobin gehört dazu - aus dem großen Vollblutpool zunächst gebundenes Wasser frei wird und

den durch Hämoglobinanstieg im Serum zunächst verursachten Verlust an freiem Wasser kompensiert, dagegen durch die mengenmäßige Zunahme an Proteinen im Serum freies Wasser "gebundener" Alkohol pro Volumeneinheit zurückgedrängt wird. Dieses Modell sei zunächst zur Erklärung des beschriebenen Phänomens angeboten.

Eine andere mögliche Ursache für einen Alkoholverlust (max. 0,017 o/oo) ohne gleichzeitige Wassergehaltsänderung wäre in der von KISSER (1977) und SCHWERDT (1979) mitgeteilten Möglichkeit der oxidativen Alkoholzersetzung durch Blut-Katalase bzw. durch Luftsauerstoff in Anwesenheit von Eisen-Ionen zu sehen. Unterstellt man nun für beide Prozesse - einen chemischen und einen enzymatisch beschleunigten - eine Temperatur mit optimaler Ausbeute zwischen 40° und 60°, so könnte hierdurch - besonders bei längeren Inkubationszeiten - ein geringes "unbemerktes" Absinken des Serum-Alkohol-Spiegels möglich sein. Diese Betrachtung wird zusätzlich durch eine Beobachtung von SCHWERD/HILLERMEIER (1979) gestützt: Hier wurde festgestellt, daß die Serum-Alkohol-Schwankungen von Blut, dessen Blutkuchen frühzeitig abgetrennt wurde, auch über längere Zeit geringgradig und konstant blieben, ganz im Gegensatz zu Parallelversuchen ohne Abtrennung.

Die Autoren SCHWERD/HILLERMEIER (1979) führen dieses Phänomen auf die sich im Blut, nicht aber im Serum befindliche Katalase zurück.

Alkohol- und Wasserbilanz nach Erhitzen der Proben auf 60°

(Tab.5, 5a, 6, 6a)

Besonders anzumerken bleibt außerdem, daß in diesem Temperatur-

bereich bei mehr als 60minütigem Erhitzen, die ursprünglich bei 60 Minuten aufgetretenen Alkoholverluste kleiner werden. Bei der möglichen Erklärung müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden:

- Ungenauigkeit der Messung

  Sie ist recht unwahrscheinlich, da die Standardabweichung der Einzelmessung, die ein Maß für die Qualität einer Messung darstellt, bei den 60°-Mittelwerten bis auf eine Ausnahme meist weit unter der von SCHMIDT (1982) angegebenen Fehlergröße des Meßverfahrens von 0,015 o/oo liegt.

- Bakterielle Kontamination

  Sie kann während der Abmessung des Blutvolumens in unsterilen Glaszylindern grundsätzlich als wahrscheinlich angenommen werden. Die weitere Behandlung, insbesondere die anschließende Durchmischung des Blutes sorgte für eine mengenmäßig gleiche Verteilung jeweils vorkommender Keime in den einzelnen Venülen. Je nach Vermehrungscharakteristik und Alkoholabbau- oder Neubildungs-Fähigkeit der Bakterienstämme könnten die Mittelwerte Veränderungen unterliegen, ohne daß dabei eine Veränderung der Varianz oder des Wassergehalts sichtbar würde. Diese Vorgänge hätten sicher unter Normalbedingungen über längere Zeiträume eine gewisse Bedeutung. Die zeitliche Dimension von max. 5 Tagen Lagerungszeit bei 5° läßt diesen Modus aber fragwürdig erscheinen. Insbesondere bietet die Literatur - KRAULAND (1961), GEHM (1962), SCHWERD (1967) und (1972) - keinen Anhalt für ein Auftreten der genannten Veränderungen unter 3-Wochen-Frist.

- Altersunterschiede der Proben

  Die zur Untersuchung gelangten Proben hatten ein Alter zwi-

schen 0 und 7 Tagen.
Altersunterschiede würden durch eine verstärkte Brüchigkeit der Erythrozytenzellmembranen, zu einem untereinander stark unterschiedlichen Serum-Hämoglobingehalt und einem dazu reziproken Wassergehaltsunterschied führen. Da dies nicht festzustellen ist, ist eine entscheidende Rolle dieses Effektes trotz seiner Plausibilität nicht wahrscheinlich. Aus dem gleichen Grunde sind die von KLUG/KRAULAND/VIDIC (1970) beschriebenen Schwankungen des Hämolysegrades auch gleich alter Blutproben nicht zur Erklärung geeignet.

- Unterschiedlicher Abbau durch Blut-Katalase bzw. durch Alkohol-Oxidation

Die schon bei 50° besprochene Möglichkeit der oxidativen Alkoholzersetzung durch Blutkatalase bzw. durch Luftsauerstoff müssen auch hier in Rechnung gestellt werden. So können bei Annahme gleicher Sauerstoffmengen im Dampfraum durch unterschiedliche Mengen an freiem Eisen - je nach Hämoglobingehalt, Hämatokrit und Zersetzungsgrad des Blutes - zu unterschiedlichen Abbauraten bei gleicher Energiezuführung pro Zeiteinheit führen. Die Katalase mit ihrer definierten Michaelis-Menton-Kinetik wird zur Erklärung der starken Mittelwert-Streuung eine geringere Rolle spielen.
Möglicherweise ist auch der von BROWN/NEYLAN/REYNOLDS/SMALLDON (1973) entdeckte Mechanismus der Alkoholoxydation zu Acetaldehyd von Bedeutung. Die Autoren geben dafür eine Mindesttemperatur von $62^{\circ} \pm 1^{\circ}$ an.
Die Maximalabweichung der vorliegenden Untersuchung läßt eine Maximaltemperatur bis 61° zu.
Da auch die obengenannten Autoren keine quantitativen Angaben über den Realverlust, sondern lediglich über die Ausgewogenheit des Alkoholverlustes und des Acetaldehydanstie-

ges machen, ist die Größe dieses Effektes nur qualitativ abschätzbar.

- Starke Viskositätsunterschiede

Schon 1961 haben KRAULAND/VIDIC/FREUDENBERG darauf hingewiesen, daß Viskositätsunterschiede bei volumetrischen Meßprozessen zu Fehlern führen können.
Bei den hier gemessenen Proben war insbesondere bei langen Erhitzungszeiten eine zunehmend stärkere Viskosität festzustellen. Diese Viskositätszunahme war in ihrem Ausmaß auch bei gleichen Erhitzungszeiten und -stufen stark unterschiedlich. Diese Unterschiede können sowohl auf das unterschiedliche Altern der Proben - das aus obengenannten Gründen allerdings keine Rolle spielt -, als auch auf ungleiche Änderungen im Gel-/Sol-Zustand der Blutproteine zurückzuführen sein.
Eine Änderung im Gel-/Sol-Zustand kann möglicherweise zur Bildung neuer freier Oberflächen führen, an die sich dann, gemäß der Vermutung von MITTMEYER (1972) Alkohol aus dem Serum anlagert und so bei der Bestimmung verlorengeht.

Die interindividuellen Schwankungen in der Zusammensetzung der Blutproteine, deren Verhalten unter Extrembedingungen noch ungeklärt ist, könnten mittels Viskositätsschwankungen ebenfalls ursächlich für die bei 60^{o} starken Mittelwertschwankungen sein.

Bei den Wassergehaltsveränderungen bei 60^{o} ist ein sonst nicht aufgetretenes Phänomen zu beobachten: Zwischen 60 und 120 Minuten kommt es zu Veränderungen, die zu einem Anstieg der Wasserkonzentration führen. So überraschend dieser Effekt auch ist, es gibt dennoch eine plausibele Er-

klärung. BRETTEL (1972) gibt im Rahmen seines Modells der Wasserverteilung zwischen Serum- und Blutkompartiment auch Erläuterungen zur Art der Lösung der Blutproteine. Danach benötigen Proteine zur Lösung im Blut Hydratationswasser, welches sie fest binden, sog. "nichtlösende Räume", die für andere Reaktionen, insbesondere zur Alkohollösung nicht mehr zur Verfügung stehen. Im Rahmen dieser Modellvorstellung, könnte der Wassergehaltsanstieg bei 2 Stunden durch eine Änderung des Bindungsgrades im sog. nichtlösenden Raum erklärbar sein. Anders ausgedrückt, durch Änderung der Tertiär- und Quartiärstruktur könne es zur zunehmenden Freisetzung von vorher gebundenem Wasser kommen. Sei diese Erklärung zutreffend oder nicht, die Konsequenz für die forensische Praxis ist weitreichend: Eine eindeutige Zuordnung zwischen Alkohol- und Wassergehalt einerseits und dem Zeitbereich andererseits wäre nicht mehr möglich. Insbesondere deswegen, weil eine Alkohol-Wasserbestimmung einer beliebigen Probe keine eindeutigen, auf die Erhitzungszeit rückführbaren Schlüsse zuläßt, da bei diesem Temperaturbereich, nämlich 60°, die gleichen Verluste über zwei vollkommen unterschiedliche Erhitzungszeiträume auftreten.

Erhitzen der Blutproben auf die angegebenen Temperaturen während 1 Min./1,5 Min.

Bei diesen nur sehr kurzzeitigen Erhitzungsintervallen ergibt sich als Besonderheit, daß in den meisten Fällen bis zum Ende des Erhitzungsvorganges noch kein vollständiger Temperaturausgleich zwischen Außen- und Bluttemperatur stattgefunden hat. Die dabei auftretenden Temperatur-/Zeit-Funktionen zeigt nachstehende Graphik (Abb.13). Die Temperaturstufe von 80° ist dabei nicht näher untersucht worden, da im Zeitraum zwischen 70 und 80 Sekunden das Blut in undefinierter Weise koaguliert. Eine Bewertung bei 60 Sekunden ist jedoch noch möglich.

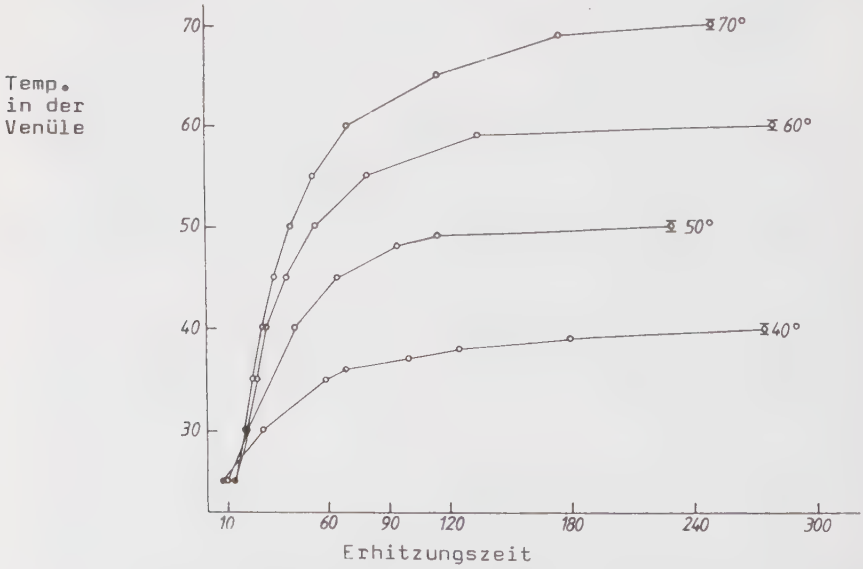


Abb.13) Abhängigkeit der Bluttemperatur in den Venülen von der Erhitzungsdauer bei 4 verschiedenen Außentemperaturen.

Als Konsequenz ist zu erkennen, daß aber nach spätestens 4 Minuten ein vollständiger Temperaturausgleich stattgefunden hat.

Erhitzungsdauer: 1 Min.

(Abb.7, 7a, 8, 8a)

Kurze Zeiträume, wie diese, sind für die forensische Praxis sicher von untergeordneter Bedeutung. Trotzdem sind sie für Modellvorstellungen thermischer Veränderungen interessant, zeigen sie doch mit besonderer Deutlichkeit die enge Beziehung zwischen Temperaturstufe und Zeitverhalten. Insbesondere bei nur kurzzeitig einwirkenden Höchsttemperaturen sind Differenzen von 10°C von erheblicher Bedeutung (s.Abb.13).

Für einen Zeitraum von 1 Minute spielen Temperaturerhöhungen bis 60°C keine Rolle. Wie die Diagramme zeigen, gibt es hier weder einen nennenswerten Alkohol- noch Wasserverlust.

Anders bei 70°C und 80°C. Diese Extremtemperaturen führen zu einer gleichsinnig negativen Abweichung von Alkohol- und Wassergehalt. Die schon eben beschriebene, hier besonders augenfällig werdende Meßwertdivergenz beruht auf den schon erläuterten Ursachen.

Erhitzungsdauer: 1,5 Min.

(Abb.9, 9a, 10, 10a)

Ähnlich, wie schon bei 1 Min., läßt sich die bereits bekann-

te Charakteristik sowohl der Alkohol-, als auch der Wasserabweichung erkennen. Wieder ohne Einfluß auf Alkohol- und Wassergehalt sind Temperaturen bis zu 60°.
Die Veränderungen bei 70° zeigen gegenüber denen bei 1 Minute verstärkte Tendenz, bei 80° sind aufgrund der Koagulation schon keine reproduzierbaren Messungen möglich; die Venülen enthalten lediglich eine koagulierte, bröcklige Masse.

Die bei dieser Zeitstufe erkennbare "schöne" Parallelität der Kurvenschar ist als Sonderfall im Rahmen der schon bei "1 Min. Erhitzungszeit" angesprochenen Phänomene zu werten; auf keinen Fall stellt er diese in Frage.

Mathematische Beurteilung

Es hat sich gezeigt, daß das aufgearbeitete Material sich nur begrenzt einer statistischen Auswertung unterwerfen läßt. Aus diesem Grunde ist auch von einer Angabe von Signifikanzmerkmalen Abstand genommen worden. Die von Mathematikern für diese Untersuchung in diesem Umfang gestellten Forderungen an Gruppenzusammenstellung, Materialeigenschaften wie Alter oder Blutparameter, Versuchsorganisation waren unerfüllbar. Aus diesem Grunde sind die in dieser Arbeit gemachten Angaben mehr qualitativer als quantitativer Art.

Es wäre möglich, die jeweiligen Abweichungen der Alkohol- oder Wasserkonzentrationen im Vergleich zur Kontrollgruppe einem Verfahren wie der Student-Verteilung zu unterwerfen. Die Ergebnisse böten aber eine nur trügerische Sicherheit, da unter den vorliegenden Versuchstemperaturen eine Reihe von Nebenparametern - Blutalter, Hämatokrit, Bluteiweißgehalt - in der erwähnten Weise mitbestimmend sind, jedoch bei

diesem mathematischen Vorgehen unberücksichtigt bleiben würden. Aus diesem Grunde erfolgte die Bewertung der vorliegenden Ergebnisse qualitativ.

Zusammenfassung

Als Ergebnis dieser Arbeit läßt sich in Bezug auf die beiden Ausgangsfragestellungen folgendes sicher feststellen:

- Bis 40°C Erwärmung der Blutproben entstehen zwischen 1 Minute und zwei Stunden keine nennenswerten Veränderungen der Alkoholkonzentration.

- Bis 50°C Erwärmung gibt es zwischen 1 und 30 Minuten keine nenneswerten Veränderungen. Zwischen 60 Minuten und 2 Stunden können geringgradige (max. 0,017 o/oo) Alkoholverluste ohne Änderung des Wassergehaltes auftreten.

- Bis 60°C Erwärmung finden sich zwischen 1 und 1,5 Minuten keine nennenswerten Veränderungen. Zwischen 15 Minuten und 2 Stunden gibt es gravierende Alkohol- und Wasserverluste, die aufgrund einer bei höheren Temperaturen auftretenden Meßwert-Divergenz zahlenmäßig stark unterschiedlich sein können.

- Bis 70°C Erwärmung ergeben sich bei 1 Minute mäßige Alkohol- und Wasserverluste (- 0,007 bis 0,045 o/oo bei Alkohol, + 0,94 bis - 4,92 % bei Wasser), bei 1,5 Minuten stärkere Alkohol- und Wasserverluste (- 0,032 bis - 0,113 o/oo bei Alkohol, - 4,74 bis - 8,78 % bei Wasser). Aufgrund der starken Meßwert-Divergenz ist es nicht

zweckmäßig, hierfür Mittelwerte der Gesamtabweichung anzugeben. Geringfügig längere Erhitzungszeiten führen zur nicht mehr ausmeßbaren Blutkoagulation.

- Bis 80°C Erwärmung erhält man brauchbare Meßergebnisse nur bis max. 1 Minute. Sie sind gekennzeichnet durch einen starken Alkohol- und Wasserverlust (-0,020 bis 0,164 o/oo bei Alkohol, - 3,60 bis - 12,94 % bei Wasser).

  Auch hier ist es aufgrund der starken Meßwert-Divergenz unzweckmäßig, Mittelwerte der Gesamtabweichung anzugeben.

- Trotz Vorgabe von Alkohol- und Wasserkonzentration läßt sich ohne Kenntnis der äußeren Bedingungen kein Rückschluß auf die ursprüngliche Alkoholkonzentration ziehen. Auch bei Kenntnis der äußeren Bedingungen sind die Rückschlüsse umso unsicherer, je extremer die Bedingungsänderung gewesen war.

Für die forensische Praxis lassen sich einige Hinweise ableiten:

- Die Einhaltung nur geringer Temperaturschwankungen während Transport und Lagerung ist streng zu beachten. Gegebenenfalls sind die Blutproben zu kühlen.

- Nach maximal 4 Minuten teilt sich jede größere Temperaturschwankung der Blutprobe mit.

- Während des Meßvorganges ist beim Pipettieren auf die Probentemperatur zu achten.
  Durch Miteinschneiden der Pipettenspitzen läßt sich der auftretende Pipettenfehler gering reduzieren.

Literaturverzeichnis

BOHN — Verunreinigung von Vakuumvenülen für die Blutentnahme zur Alkohol-Bestimmung durch Vergaserkraftstoff
Blutalkohol 8 373-374 (1971)

BRETTEL — Blutalkohol u. Blutwassergehalt
Arbeitsmethoden der med. u. naturwissenschaftl. Kriminalistik Bd. 11 (1972)

BRETTEL/SCHRAMM — Untersuchungen über Beziehungen zwischen dem Hämolysegrad u. dem Serumwassergehalt in gelagerten Blutproben
Blutalkohol 15, 151-160 (1978)

BROWN/NEYLAN/REYNOLDS/SMALLDON — Stability of ethanol in stored blood
Anal. Chim. Acta 66 S. 277 u. 281 (1973)

GEHM/SCHMID — Beitrag zur Klärung des Blutalkoholschwunds bei länger gelagerten Seren
Dtsch.Z. ges.ger.Med. 52, 424-430 (1961/62)

GILDEMEISTER/KÖHN/JANZEN — Zum Beweiswert der Äthanolkonzentration bei ausgelaufenem Probenmaterial
Kriminalistik u. forens.Wiss. 26, 143-145 (1976)

IFFLAND — Zum Problem der Nachuntersuchung länger gelagerter Blutproben
Blutalkohol 11, 189-206 (1974)

HAUCK/TERFLOTH — Untersuchungen an einem Automat-Gaschromatographen im Hinblick auf die routinemäßige Blut-Alkohol-Analyse
Blutalkohol 7, 317-321 (1970)

HINCKERS — Die Wasserkonzentration des Vollblutes, der Erythrocythen und des Serums u. deren Bedeutung für den Wasser- (Alkohol-) Verteilungsfaktor: $\frac{\text{Serum}}{\text{Vollblut}}$
Blutalkohol 5, 436-441 (1968)

HINCKERS
Der Wasser-(Alkohol)-Verteilungsfaktor: Serumvollblut während der Schwangerschaft
Blutalkohol 8, 342-349 (1971)

KÄDING/TIESS
Über den Beweiswert von Äthyl-Alkohol-Befunden in Restblutinhalten zerbrochen eingegangener Venülen
Kriminalistik u. forens.Wiss. 26, 139-142 (1976)

KÄDING/TIESS
Zur Präzision u. Konstanz der Blutalkoholkonzentrationen frischer u. länger gelagerter NaF-haltiger Blutproben
Kriminalistik u. forens. Wiss. 42, 97-101 (1980)

KISSER
Zur Ethanolbestimmung länger gelagerter Blutproben
Beitrag gerichtl. Med. 36, 259-263 (1977)

KLÖPPEL/WEILER
Die Alkoholverdunstung aus Blutlachen
Blutalkohol 16, 76-80 (1979)

KLUG/KRAULAND/VIDIC
Zum Beweiswert einer zweiten Blutalkoholuntersuchung in länger gelagerten Blutproben
Blutalkohol 10, 24-27 (1973)

KLUG/KRAULAND/VIDIC
Über den Beweiswert einer zweiten Blutalkoholbestimmung in länger gelagerten Blutproben
Blutalkohol 7, 119-126 (1970)

KLUG/VIDIC/FREUDENBERG
Über den Beweiswert einer zweiten Blutalkoholbestimmung an länger gelagerten Blutproben
II. Mitteilung Dtsch.Z. ges.ger.Med. 52 76-89 (1961)

KRAULAND/VIDIC/FREUDENBERG/SCHMIDT/LENK
Über den Beweiswert einer zweiten Blutalkoholbestimmung an länger gelagerten Blutproben
Deutsche Z. ges.ger.Med. 50, 34-53 (1959)

KRAULAND/VIDIC/
FREUDENBERG — Über den Beweiswert einer zweiten Blutalkoholbestimmung an länger gelagerten Blutproben
II. Mitteilung Dtsch.Z. f. ger. Med. 52, 76-89 (1961)

LUCKER — Blood Alc. Collection
Alk. und Verkehrssicherheit II
11-14 (1970)

MACHATA — Über die gaschromatische Blut-Alkohol-Bestimmung
Blutalkohol 7, 345-348 (1970)

MITTMEYER — In vitro-Untersuchungen über die Veränderung des Alkoholgehaltes länger gelagerter Rinderblutproben
Blutalkohol 9, 98-103 (1972)

SACHS — Zur Frage der Verdunstung von Alkohol in ordnungsmäßig verschlossenen Blutproben
Dtsch.Z. ges.ger.Med. 48, 400-402 (1959)

SCHMIDT — Präzision u. Streuung bei der Alkoholbestimmung mittels 2 Säulen-Headspace-GC-Analyse
Blutalkohol 19, 122-128 (1982)

SCHWERD/DIMMLING/
KRANEBURG — Über die Präsenzdauer verschiedener Arten vermehrungsfähiger Mikroorganismen in menschl. Vollblutproben und ihr Einfluß auf die Alkoholkonzentration
Blutalkohol 9, 315-331 (1972)

SCHWERD/DIMMLING/KREBS — Der Einfluß bakterieller Verunreinigung auf den Alkoholgehalt länger gelagerter Blutproben
Blutalkohol 4, 260-269 (1967)

SCHWERD/HILLERMEIER — Veränderungen des Blutgehaltes in Blutproben zwischen Entnahme und Untersuchung
Blutalkohol 16, S. 453-461 (1979)

STEIGLEDER — Die Bewertung von Alkoholuntersuchungen in länger gelagerten Blutproben
Blutalkohol 1, 107-120 (1961)

SUNDERMANN — Studies in serum electrolytes. The water of serum and factors for the calculation of the molarity of a solute in serum from the measurement of the specific gravity
I. biol. chem. 113, 111-115 (1936)

TIESS/KÄDING — Über den Beweiswert von Äthyl-Alkoholbefunden in Restblutinhalten zerbrochen eingegangener Venülen
Kriminal. forens. Wiss. 26, 139-142 (1976)

WEILER/KLÖPPEL — Die Alkohol-Verdunstung bei offen gelagerten Proben
Blutalkohol 13, 45-54 (1976)

L e b e n s l a u f

Geboren am	09.08.1955 in Düsseldorf
Eltern	Heinz Wittig, Richter Ehefrau Ruth, geb. Neumann
Staatsangehörigkeit	deutsch
4/1962 - 10/1962	Volksschule an der Rolandstraße in Düsseldorf
10/1962 - 4/1966	Volksschule an der Karl Müller-straße in Düsseldorf
4/1966 - 6/1974	Humboldt-Gymnasium in Düsseldorf
6/1974	Abitur
7/1974 - 9/1975	Wehrdienst Bundeswehr Buxtehude und Starnberg
1976 - 1982	Studium der Medizin Universität Düsseldorf
10/1982	3. Staatsexamen
11/1982	Approbation als Arzt